Klaus Schwab

La cuarta revolución industrial

Prólogo de Ana Patricia Botín

DEBATE

La cuarta revolución industrial

La cuarta revolución industrial

KLAUS SCHWAB

DEBATE

La cuarta revolución industrial

Título original: *The Fourth Industrial Revolution*

Primera edición en España: noviembre, 2016
Primera edición en México: junio, 2017

World Economic Forum®

ISBN: 978-607-315-475-8

Impreso en México – *Printed in Mexico*

El papel utilizado para la impresión de este libro ha sido fabricado a partir de madera procedente de bosques y plantaciones gestionadas con los más altos estándares ambientales, garantizando una explotación de los recursos sostenible con el medio ambiente y beneficiosa para las personas.

Penguin
Random House
Grupo Editorial

Índice

Prólogo

La historia muestra que, una vez que las revoluciones industriales se ponen en marcha, el cambio se produce con rapidez. Los emprendedores convierten los inventos en innovaciones comerciales, estas dan lugar a nuevas compañías que crecen aceleradamente y, por último, los consumidores demandan los nuevos productos y servicios que mejoran su calidad de vida. Una vez que el engranaje de este proceso comienza a funcionar, la industria, la economía y la sociedad se transforman a toda velocidad.

En las reuniones del Foro Económico Mundial, Klaus Schwab reúne a personas capaces de influir en esas transformaciones como jefes de gobierno, empresarios, líderes científicos, emprendedores o académicos. En este libro nos invita a pensar en la convergencia de distintas tecnologías, como las físicas, las digitales y las biológicas, en lo que llama la «cuarta revolución industrial».

En el Banco Santander tenemos un profundo sentido de la historia y una larga experiencia de transformarnos para servir mejor a nuestros clientes. Nuestro banco nació en 1857, entre la primera y la segunda revoluciones industriales, para financiar el comercio entre España y América. La tercera revolución industrial, impulsada por los ordenadores, nos permitió automatizar muchos de nuestros procesos, concentrarnos en servir a nuestros clientes y liberar capital para crecer y expandirnos a nuevos mercados.

Las ideas contenidas en este libro nos ayudan a vislumbrar el futuro e imaginar cómo será nuestra industria en los próximos años, y a reflexionar sobre qué tipo de organización necesitamos para tener éxito. Les debemos a nuestros empleados, clientes, accionistas y comunidades adoptar esa transformación con responsabilidad.

Las implicaciones de la cuarta revolución industrial son numerosas. Muchas de ellas ya nos afectan. Los temas abordados en este libro no son solo visiones del futuro. Son las realidades de hoy.

Los conceptos de la cuarta revolución industrial ya están integrados en los modos de pensar y actuar de los emprendedores dedicados a desarrollar nuevos tipos de servicios financieros. Sus compañías son ágiles y colaborativas, diseñan y mejoran sus productos de forma interactiva, y trabajan de cerca con sus clientes, que ya viven vidas altamente digitalizadas.

Esos clientes no ven diferencias entre sus vidas físicas y digitales. Sus nociones sobre la privacidad son muy distintas de las de las generaciones anteriores. Han crecido compartiendo en las redes sociales sus vidas, su localización, lo que les gusta y lo que no, sus rutinas, sus amistades, sus momentos más personales, sus datos biométricos. Creen que compartir estos datos sirve para mejorar los servicios que reciben, y esperan que dichos datos sean utilizados respetuosamente.

La trayectoria de cada una de las revoluciones industriales nunca ha sido fácil ni directa. El tipo de trabajo se transforma. La mecanización y la producción en masa trasladaron a millones de personas de la producción agrícola y el campo al trabajo en fábricas y ciudades. Los ordenadores y el desarrollo de los medios de transporte hicieron posible la construcción de cadenas de abastecimiento más extensas y flexibles, que han atravesado fronteras y convertido los mercados locales en mercados globales y más interdependientes que nunca.

La cuarta revolución industrial nos exige pensar lateralmente, uniendo industrias y disciplinas antes delimitadas de forma precisa. Los biólogos ahora deben ser también programadores y saber estadística si quieren explotar el potencial de la ciencia genómica. Las empresas financieras, desde los bancos hasta los fondos de inversión, contratan hoy a especialistas cuantitativos que puedan estudiar grandes volúmenes de datos en busca de información sobre el comportamiento de los clientes y oportunidades de inversión.

Esta revolución generará millones de nuevos empleos para aquellos que posean las capacidades y la formación adecuadas. Uno de los mayores desafíos para los gobiernos y las empresas es formar la fuerza laboral del futuro y, al mismo tiempo, ayudar a los trabajadores de hoy a hacer la transición a esta nueva economía.

Las revoluciones, cuando lo nuevo reemplaza a lo viejo, generan sensaciones de incertidumbre ante el cambio. Estoy convencida de que la tecnología no destruye empleo, pero las capacidades que se requieren cambian y eso puede crear inquietud. Por eso es indispensable que ayudemos a los trabajadores a desarrollar las destrezas que exigen los trabajos de la nueva era industrial.

También nos corresponde establecer claramente nuestros propios límites morales y éticos. La tecnología puede sernos muy útil, pero no nos brinda un sentido de moralidad. No puede decirnos qué decisiones tomar como seres humanos.

Nuestro propósito en el Santander es ayudar a las personas y las empresas a prosperar. Eso significa ayudarlas a progresar económicamente y también de todas las otras formas que consideren importantes, ya sea apoyando a su familia o levantando un negocio.

Klaus Schwab siempre ha entendido que la prosperidad debe ser inclusiva. Que debe beneficiar a todos los miembros de una sociedad, no solo a una minoría. Para lograr esa prosperidad

inclusiva hay que tomar decisiones. Afrontar el cambio climático, por ejemplo, exige atender nuestras necesidades económicas y ambientales de una forma inteligente y justa. Aún no hemos encontrado el punto de equilibrio. La cuarta revolución industrial puede cambiar eso, ofreciéndonos nuevas formas de generar y usar más eficientemente la energía.

Un mundo verdaderamente próspero es aquel en el que cada individuo se siente capaz de vivir una vida plena y con aspiraciones. Las empresas tienen un papel fundamental en la construcción de ese tipo de mundo. En este libro, Klaus Schwab muestra las opciones que tenemos por delante, y nos ofrece una valiosa guía para tomar las decisiones que nos ayudarán a todos a prosperar.

Ana Botín,
presidenta del Banco Santander

Introducción

De la multitud de diversos y fascinantes retos de hoy en día, lo más intenso e importante es cómo entender y dar forma a la nueva revolución tecnológica, que supone nada menos que una transformación de la humanidad. Nos encontramos al principio de una revolución que está cambiando de manera fundamental la forma de vivir, trabajar y relacionarnos unos con otros. En su escala, alcance y complejidad, lo que considero la cuarta revolución industrial no se parece a nada que la humanidad haya experimentado antes.

Aún tenemos que comprender plenamente la velocidad y la amplitud de esta nueva revolución. Consideremos las posibilidades ilimitadas de tener miles de millones de personas conectadas mediante dispositivos móviles, lo que da lugar a un poder de procesamiento, una capacidad de almacenamiento y un acceso al conocimiento sin precedentes. O pensemos en la impresionante confluencia de avances tecnológicos que abarca amplios campos, como la inteligencia artificial (IA), la robótica, el internet de las cosas (IoT), los vehículos autónomos, la impresión 3D, la nanotecnología, la biotecnología, la ciencia de materiales, el almacenamiento de energía y la computación cuántica, por nombrar unos pocos. Muchas de estas innovaciones están en sus albores, pero ya están llegando a un punto de inflexión en su desarrollo

a medida que se construyen y amplifican mutuamente en una fusión de tecnologías a través de los mundos físico, digital y biológico.

Estamos evidenciando cambios profundos en todas las industrias, marcados por la aparición de nuevos modelos de negocio, la irrupción[1] de operadores y la remodelación de los sistemas de producción, consumo, transporte y entrega. En el ámbito social, se está dando un cambio de paradigma sobre cómo trabajamos y nos comunicamos, al igual que en cómo nos expresamos, nos informamos y nos entretenemos. Asimismo, los gobiernos y las instituciones se están reinventando, como también lo están haciendo los sistemas de educación, salud y transporte, entre muchos otros. Las nuevas formas de utilizar la tecnología para cambiar el comportamiento y nuestros sistemas de producción y consumo también ofrecen la posibilidad de apoyar la regeneración y preservación de entornos naturales, en lugar de crear costos ocultos en forma de externalidades.

Los cambios son históricos en términos de su magnitud, velocidad y alcance.

Mientras que la profunda incertidumbre que rodea al desarrollo y la adopción de tecnologías emergentes significa que aún no sabemos cómo se desarrollarán las transformaciones impulsadas por esta revolución industrial, su complejidad y la interconexión entre sectores implican que todos los actores de la sociedad global, los gobiernos, las empresas, la academia y la sociedad civil tienen la responsabilidad de trabajar conjuntamente para comprender mejor las tendencias emergentes.

La comprensión compartida es particularmente crítica si queremos conformar un futuro colectivo que refleje los objetivos y valores comunes. Debemos tener una visión integral y compartida en el plano mundial de cómo la tecnología está cambiando nuestras vidas y las de las generaciones futuras, y de cómo está

cambiando el panorama del contexto económico, social, cultural y humano en el cual vivimos.

Los cambios son tan profundos que, desde la perspectiva de la historia humana, nunca ha habido una época de mayor promesa o potencial peligro. Mi preocupación, sin embargo, es que quienes adoptan decisiones quedan, demasiado a menudo, atrapados en el pensamiento tradicional, lineal (y no disruptivo), o están demasiado absortos en preocupaciones inmediatas como para pensar estratégicamente sobre las fuerzas de la disrupción y la innovación que le dan forma a nuestro futuro.

Soy muy consciente de que algunos académicos y profesionales consideran la evolución que estoy analizando simplemente parte de la tercera revolución industrial. Hay tres razones que, sin embargo, sostienen mi convicción de que una cuarta y distinta revolución está en marcha:

Velocidad: Al contrario que las anteriores revoluciones industriales, esta está evolucionando a un ritmo exponencial, más que lineal. Este es el resultado del mundo polifacético y profundamente interconectado en que vivimos, y del hecho de que la nueva tecnología engendra, a su vez, tecnología más nueva y más poderosa.

Amplitud y profundidad: Se basa en la revolución digital y combina múltiples tecnologías que están llevando a cambios de paradigma sin precedentes en la economía, los negocios, la sociedad y las personas. No solo está cambiando el «qué» y el «cómo» hacer las cosas, sino el «quiénes somos».

Impacto de los sistemas: Se trata de la transformación de sistemas complejos entre (y dentro de) los países, las empresas, las industrias y la sociedad en su conjunto.

Al escribir este libro, mi intención es proporcionar un breve manual sobre la cuarta revolución industrial: lo que es, lo que

traerá, cómo nos afectará y qué se puede hacer con el fin de aprovecharla para el bien común. Este volumen está destinado a todos aquellos que están interesados en nuestro futuro y que desean aprovechar al uso de las oportunidades de este cambio revolucionario para hacer del mundo un lugar mejor.

Tengo tres objetivos principales:

- Incrementar la conciencia de la amplitud y la velocidad de la revolución tecnológica y su impacto multifacético;
- crear un marco para reflexionar sobre la revolución tecnológica que describa los temas principales y destaque las posibles respuestas, y
- proporcionar una plataforma que inspire la cooperación público-privada, así como las asociaciones sobre temas relacionados con la revolución tecnológica.

Pero, sobre todo, este libro tiene como objetivo enfatizar la manera en que coexisten la tecnología y la sociedad. La tecnología no es una fuerza exógena sobre la cual no tenemos control. No estamos limitados por una elección binaria entre «aceptarla y vivir con ella» y «rechazarla y vivir sin ella». En cambio, tomemos el espectacular cambio tecnológico como una invitación a reflexionar sobre quiénes somos y cómo vemos el mundo. Cuanto más pensamos en cómo aprovechar la revolución tecnológica, más nos examinaremos a nosotros mismos y analizaremos los modelos sociales subyacentes que estas tecnologías encarnan y habilitan, y tendremos más oportunidades de dar forma a la revolución de una manera que mejore el estado del mundo.

Dar forma a la cuarta revolución industrial para asegurarnos de que gire alrededor del empoderamiento y los seres humanos, en lugar de que sea divisoria y deshumanizante, no es una tarea para un solo sector o una sola parte interesada, región, industria

o cultura. La naturaleza fundamental y global de esta revolución afectará a todos los países, economías, sectores y personas y estará influenciada por ellos. Por lo tanto, es fundamental que pongamos nuestra atención y energía en la cooperación entre fronteras académicas, sociales, políticas, nacionales y de la industria. Estas interacciones y colaboraciones son necesarias para crear narrativas positivas, comunes y llenas de esperanza, que les permitan a individuos y grupos de todas partes del mundo participar y beneficiarse de las transformaciones actuales.

Gran parte de la información y mi propio análisis en este libro se basan en proyectos e iniciativas del Foro Económico Mundial, y han sido desarrollados, discutidos y cuestionados en las más recientes reuniones del organismo. Así, este libro también proporciona un marco para dar forma a las actividades futuras del Foro Económico Mundial. También he extraído numerosas conversaciones que he mantenido con empresas, gobiernos y líderes de la sociedad civil, así como con pioneros en el campo de la tecnología y personas jóvenes. En este sentido, es un libro con multitud de fuentes, producto de la sabiduría iluminada y colectiva de las comunidades del Foro.

La obra está organizada en tres capítulos. El primero es un resumen de la cuarta revolución industrial. El segundo presenta las principales tecnologías transformadoras. El tercero proporciona una inmersión profunda en el impacto de la revolución y algunos de los retos que plantea en materia de políticas. Concluyo sugiriendo ideas prácticas y soluciones sobre la mejor manera de adaptarse, dar forma y aprovechar el potencial de esta gran transformación.

1

La cuarta revolución industrial

1.1. Contexto histórico

La palabra «revolución» indica un cambio abrupto y radical. Las revoluciones se han producido a lo largo de la historia cuando nuevas tecnologías y formas novedosas de percibir el mundo desencadenan un cambio profundo en los sistemas económicos y las estructuras sociales. Dado que la historia se utiliza como un marco de referencia, la brusquedad de estos cambios puede tardar años en desplegarse.

El primer cambio profundo en nuestra manera de vivir —la transición del forrajeo a la agricultura— ocurrió hace alrededor de diez mil años y fue posible gracias a la domesticación de animales. La revolución agrícola combinó los esfuerzos de los animales con los de los seres humanos con vistas a la producción, el transporte y la comunicación. Poco a poco la producción de alimentos mejoró, estimulando el crecimiento de la población y facilitando asentamientos humanos más grandes. Esto condujo a la postre a la urbanización y el surgimiento de las ciudades.

La revolución agrícola fue seguida por una serie de revoluciones industriales que comenzaron en la segunda mitad del siglo XVIII. Estas marcaron la transición de la energía muscular a

la mecánica y evolucionaron hasta lo que conocemos hoy, con la cuarta revolución industrial: un mayor poder cognitivo que aumenta la producción humana.

La primera revolución industrial abarcó desde aproximadamente 1760 hasta más o menos 1840. Desencadenada por la construcción del ferrocarril y la invención del motor de vapor, marcó el comienzo de la producción mecánica. La segunda revolución industrial, entre finales del siglo XIX y principios del XX, hizo posible la producción en masa, fomentada por el advenimiento de la electricidad y la cadena de montaje. La tercera revolución industrial se inició en la década de 1960. Generalmente se la conoce como la revolución digital o del ordenador, porque fue catalizada por el desarrollo de los semiconductores, la computación mediante servidores tipo «mainframe» (en los años sesenta), la informática personal (décadas de 1970 y 1980) e internet (década de 1990).

Habida cuenta de las diversas definiciones y argumentos académicos utilizados para describir las tres primeras revoluciones industriales, creo que hoy estamos en los albores de una cuarta revolución industrial. Esta comenzó a principios de este siglo y se basa en la revolución digital. Se caracteriza por un internet más ubicuo y móvil, por sensores más pequeños y potentes que son cada vez más baratos, y por la inteligencia artificial y el aprendizaje de la máquina.

Las tecnologías digitales que en su núcleo poseen hardware para computación, software y redes no son nuevas, pero, a diferencia de la tercera revolución industrial, son cada vez más sofisticadas e integradas y están, de resultas de ello, transformando las sociedades y la economía mundial. Esta es la razón por la que los profesores Erik Brynjolfsson y Andrew McAfee, del Massachusetts Institute of Technology (MIT), hicieron famosa la referencia a este período como «la segunda era de las máquinas»,[2]

título de su libro de 2014, al afirmar que el mundo está en un punto de inflexión en que el efecto de estas tecnologías digitales se manifestará con «toda su fuerza» a través de la automatización y la creación de cosas «sin precedentes».

En Alemania se debate sobre la «industria 4.0», un término acuñado en la Feria de Hannover de 2011 para describir cómo esta revolucionará la organización de las cadenas de valor globales. Mediante la creación de «fábricas inteligentes», la cuarta revolución industrial genera un mundo en el que sistemas de fabricación virtuales y físicos cooperan entre sí de una manera flexible en todo el planeta. Esto permite la absoluta personalización de los productos y la creación de nuevos modelos de operación.

La cuarta revolución industrial, no obstante, no solo consiste en máquinas y sistemas inteligentes y conectados. Su alcance es más amplio. Al mismo tiempo, se producen oleadas de más avances en ámbitos que van desde la secuenciación genética hasta la nanotecnología, y de las energías renovables a la computación cuántica. Es la fusión de estas tecnologías y su interacción a través de los dominios físicos, digitales y biológicos lo que hace que la cuarta revolución industrial sea fundamentalmente diferente de las anteriores.

En esta revolución, las tecnologías emergentes y la innovación de base extendida se están difundiendo mucho más rápido y más ampliamente que en las anteriores revoluciones, todavía en desarrollo en algunas partes del mundo. La segunda revolución industrial todavía debe ser plenamente experimentada por el 17 por ciento de la población mundial, pues casi 1.300 millones de personas carecen de acceso a la electricidad. Esto también es válido para la tercera revolución industrial, con más de la mitad de la población mundial, 4.000 millones de personas, la mayoría en el mundo en desarrollo, sin acceso a internet. El huso (el sello

de la primera revolución industrial) tardó casi 120 años en difundirse fuera de Europa. Por el contrario, internet permeó todo el mundo en menos de una década.

Todavía válida hoy en día es la lección de la primera revolución industrial, según la cual la medida en que la sociedad abraza la innovación tecnológica es un factor crucial del progreso. El gobierno y las instituciones públicas, así como el sector privado, tienen que cumplir su parte, pero también es esencial que los ciudadanos vean los beneficios a largo plazo.

Estoy convencido de que la cuarta revolución industrial será en cada detalle tan poderosa, impactante e históricamente importante como las tres anteriores. Sin embargo, tengo dos preocupaciones fundamentales acerca de los factores que podrían limitar el potencial de la cuarta revolución industrial para que sea eficaz y coherente.

En primer lugar, creo que los niveles necesarios de liderazgo y comprensión de los cambios en marcha, en todos los sectores, son bajos en comparación con la necesidad de rediseñar nuestros sistemas económicos, sociales y políticos para responder a la cuarta revolución industrial. Como resultado de ello, a escala tanto nacional como mundial el marco institucional requerido para dirigir la difusión de la innovación y mitigar la disrupción es inadecuada en el mejor de los casos y, en el peor, completamente inexistente.

En segundo lugar, el mundo carece de una narrativa consistente, positiva y común que describa las oportunidades y los desafíos de la cuarta revolución industrial, una narrativa que es esencial si queremos empoderar a un conjunto diverso de individuos y comunidades, y evitar una violenta reacción popular contra los cambios fundamentales en curso.

1.2. Un cambio profundo y sistémico

La premisa de este libro es que la tecnología y la digitalización lo revolucionarán todo, lo cual validará el trillado refrán «esta vez será diferente». Por decirlo de manera más sencilla, las innovaciones tecnológicas más importantes están a punto de generar un cambio trascendental en todo el mundo, algo inevitable.

La escala y el alcance del cambio explican por qué la disrupción y la innovación se sienten tan intensamente hoy en día. La velocidad de innovación en términos tanto de su desarrollo como de su difusión es más alta que nunca. Los disruptores de hoy — Airbnb, Uber, Alibaba y similares— eran relativamente desconocidos hace apenas unos años. El omnipresente iPhone fue lanzado al mercado por primera vez en 2007, y aun así había por lo menos 2.000 millones de teléfonos inteligentes a finales de 2015. En 2010, Google anunció su primer vehículo completamente autónomo; estos vehículos podrían convertirse pronto en una realidad generalizada en las carreteras.

Y podríamos seguir con la lista. Pero no se trata solo de velocidad; los rendimientos a escala son igualmente asombrosos. Digitalización significa automatización, lo que a su vez significa que las empresas no sufren una reducción de sus rendimientos a escala (o, por lo menos, no los sufren tanto). Para dar una idea de lo que esto significa en los factores agregados, comparemos Detroit en 1990 (por entonces un importante centro de industrias tradicionales) con Silicon Valley en 2014. En 1990, las tres mayores empresas de Detroit tenían una capitalización de mercado combinada de 36.000 millones de dólares, unos ingresos de 250.000 millones de dólares y 1,2 millones de empleados. En 2014, las tres mayores empresas de Silicon Valley tenían una capitalización de mercado considerablemente más alta (1,09 billones de dólares) y generaban más o menos los mismos ingresos

(247.000 millones de dólares), pero tenían diez veces menos empleados (137.000).[3]

El hecho de que una unidad de riqueza se cree hoy en día con muchos menos trabajadores que hace diez o quince años es posible porque los negocios digitales tienen costos marginales que tienden a cero. Además, la realidad de la era digital es que muchas nuevas empresas proveen «bienes de información» con costos de almacenamiento, transporte y replicación que son prácticamente nulos. Algunas empresas de tecnología disruptivas parecen requerir poco capital para prosperar. Empresas como Instagram o WhatsApp, por ejemplo, no requirieron mucha financiación para ponerse en marcha, con lo que cambiaron el papel del capital y de la ampliación de los negocios en el contexto de la cuarta revolución industrial. En general, todo esto demuestra como los rendimientos a escala impulsan mayores escalas de economía e influencian el cambio a través de sistemas enteros.

Aparte de la velocidad y la amplitud, la cuarta revolución industrial es única debido a la creciente armonización e integración de muchas disciplinas y descubrimientos distintos. Innovaciones tangibles fruto de las interdependencias entre las diferentes tecnologías dejaron de ser ciencia ficción. Hoy, por ejemplo, las tecnologías de fabricación digital pueden interactuar con el mundo biológico. Algunos diseñadores y arquitectos ya están combinando el diseño por ordenador, la fabricación aditiva, la ingeniería de materiales y la biología sintética para crear sistemas que involucran la interacción entre microorganismos, nuestro cuerpo, los productos que consumimos e incluso los edificios que habitamos. Al hacerlo, están creando (e incluso «cultivando») objetos que mutan y se adaptan continuamente (características de los reinos vegetal y animal).[4]

En *The Second Machine Age*, Brynjolfsson y McAfee argumentan que los ordenadores son tan diestros que es prácticamente imposible predecir en qué aplicaciones podrán ser utilizados en solo unos años. La inteligencia artificial (IA) está presente por doquier, desde vehículos que se conducen solos y drones hasta asistentes virtuales y software de traducción. Esto está transformando nuestras vidas. La IA ha logrado avances impresionantes, impulsada por el aumento exponencial de la potencia de cómputo y por la disponibilidad de grandes cantidades de datos, desde el software utilizado para descubrir nuevos fármacos hasta los algoritmos que predicen nuestros intereses culturales. Muchos de estos aprenden del rastro de «migas de pan» que nuestros datos dejan en el mundo digital, lo cual da por resultado nuevos tipos de «aprendizaje de máquina» y el descubrimiento automatizado que les permite a los robots y ordenadores «inteligentes» autoprogramarse y encontrar soluciones óptimas a partir de principios básicos.

Aplicaciones como Siri, de Apple, ofrecen una muestra del poder de un ámbito de la IA que avanza rápidamente, el de los asistentes inteligentes. Apenas hace dos años, los asistentes personales inteligentes comenzaban a emerger. Hoy, el reconocimiento de voz y la IA están progresando tan rápido que hablarles a los ordenadores se convertirá pronto en la norma, lo que dará inicio a lo que algunos tecnólogos denominan «informática ambiental», en la cual asistentes personales robotizados están constantemente disponibles para tomar notas y responder las consultas del usuario. Nuestros dispositivos se convertirán en una parte creciente de nuestro ecosistema personal, escuchándonos, previendo nuestras necesidades y ayudándonos cuando sea necesario, aunque no se lo pidamos.

La desigualdad como un desafío sistémico

La cuarta revolución industrial generará, en igual medida, grandes beneficios y grandes retos. Una preocupación particular es la desigualdad exacerbada. Los desafíos planteados por la desigualdad creciente son difíciles de cuantificar dado que la gran mayoría de nosotros somos consumidores y productores, y la innovación y la disrupción afectan a nuestros niveles de vida y bienestar tanto de manera positiva como negativa.

El consumidor parece ser el gran ganador. La cuarta revolución industrial ha hecho posible nuevos productos y servicios que aumentan prácticamente sin costo alguno la eficiencia de nuestras vidas como consumidores. Pedir un taxi, encontrar un vuelo, comprar un producto, realizar un pago, escuchar música o ver una película; cualquiera de estas tareas ahora se puede realizar de manera remota. Los beneficios de la tecnología para todos los que consumimos son incontrovertibles. Internet, el teléfono inteligente y las miles de aplicaciones están volviendo nuestra vida más fácil y, en general, más productiva. Un dispositivo sencillo como una tableta, que usamos para la lectura, la navegación y la comunicación, posee el poder de procesamiento equivalente a cinco mil ordenadores de escritorio de hace treinta años, mientras que el costo de almacenamiento de la información se aproxima a cero (almacenar 1 GB cuesta, por término medio, menos de 0,03 dólares al año hoy en día, en comparación con los más de 10.000 dólares de hace veinte años).

Los desafíos creados por la cuarta revolución industrial parecen radicar, sobre todo en el lado del proveedor, en el mundo del trabajo y la producción. En los últimos años, una abrumadora mayoría de los países más desarrollados, y también algunas economías de rápido crecimiento como China, han experimentado un importante descenso en la proporción del trabajo como

porcentaje del PIB. La mitad de esta disminución se debe a la caída del precio relativo de los bienes de inversión,[5] impulsada a su vez por el progreso de la innovación (que obliga a las empresas a sustituir trabajo por capital).

Como resultado de ello, los grandes beneficiarios de la cuarta revolución industrial son los proveedores de capital intelectual o físico (los innovadores, los inversionistas y los accionistas), lo cual explica la creciente brecha de riqueza entre las personas que dependen de su trabajo y las que poseen el capital. Esto también explica la desilusión entre tantos trabajadores, convencidos de que sus ingresos reales podrían no aumentar durante su vida y de que sus hijos podrían no tener una vida mejor que la suya.

La desigualdad en aumento y la creciente preocupación por la injusticia representan un reto tan importante que le dedicaré una sección a este tema en el capítulo 3. La concentración de los beneficios y del valor en tan solo un pequeño porcentaje de personas también se ve agravada por el llamado «efecto de plataforma», en el que organizaciones digitales crean redes que conectan a compradores y vendedores de una amplia variedad de productos y servicios para disfrutar así de rendimientos crecientes a escala.

La consecuencia del efecto de plataforma es una concentración de pocas pero poderosas plataformas que dominan sus mercados. Los beneficios son evidentes, particularmente para los consumidores: más valor, mayor comodidad y costos menores. Sin embargo, también son obvios los riesgos sociales. Para evitar la concentración del valor y del poder en tan solo unas pocas manos, tenemos que encontrar maneras de equilibrar los beneficios y riesgos de las plataformas digitales (incluidas las industriales), mientras se garantizan la apertura y las oportunidades para la innovación colaborativa.

Todos estos son cambios fundamentales que están afectando a nuestros sistemas económicos, sociales y políticos, y que son difíciles de deshacer, incluso aunque el proceso de globalización en sí fuera a revertirse de alguna manera. La pregunta para todas las industrias y empresas, sin excepción, ya no es «¿voy a experimentar alguna disrupción?», sino «¿cuándo llegará la disrupción, qué forma adoptará y cómo nos afectará a mí y a mi organización?».

La realidad de la disrupción y la inevitabilidad de los efectos que tendrá sobre nosotros no significan que seamos impotentes ante ella. Es nuestra responsabilidad asegurarnos de establecer un conjunto de valores comunes para tomar las decisiones políticas correctas e impulsar aquellos cambios que conviertan la cuarta revolución industrial en una oportunidad para todos.

2

Impulsores

Innumerables organizaciones han elaborado listas ordenando las distintas tecnologías que impulsarán la cuarta revolución industrial. Los descubrimientos científicos y las nuevas tecnologías que estos generan parecen ilimitados, desplegándose en muchos frentes y lugares diferentes. Mi selección de las tecnologías clave que hay que observar se basa en la investigación realizada por el Foro Económico Mundial y en el trabajo de varios de los Consejos para la Agenda Global que pertenecen al Foro.

2.1. Megatendencias

Todos los nuevos desarrollos y tecnologías tienen una característica clave en común: aprovechan el poder de penetración que tienen la digitalización y las tecnologías de la información. Todas las innovaciones descritas en este capítulo son posibles y se mejoran a través del poder digital. La secuenciación genética, por ejemplo, no podría ser posible sin los avances en la potencia de cómputo y el análisis de datos. Del mismo modo, los robots avanzados no existirían sin la inteligencia artificial, que en sí misma depende, en gran medida, de la potencia de cómputo.

Con el fin de identificar las megatendencias y poner de relie-

ve el amplio panorama de los impulsores tecnológicos de la cuarta revolución industrial, he organizado la lista en tres grupos: físicos, digitales y biológicos. Los tres están profundamente interrelacionados y las diferentes tecnologías se benefician entre sí gracias a los descubrimientos y los avances que cada grupo va logrando.

2.1.1. Físicas

Hay cuatro manifestaciones físicas principales de las megatendencias tecnológicas, que son las más fáciles de detectar debido a su carácter tangible:

- Vehículos autónomos.
- Impresión 3D.
- Robótica avanzada.
- Nuevos materiales.

Vehículos autónomos

Los automóviles sin conductor dominan las noticias; no obstante, ahora hay muchos otros vehículos autónomos, incluidos camiones, drones, aviones y barcos. A medida que progresen tecnologías como los sensores y la inteligencia artificial, las capacidades de todas estas máquinas autónomas se incrementarán a un ritmo rápido. Es solo cuestión de unos pocos años que drones disponibles comercialmente, de bajo costo, junto con aparatos sumergibles, lleguen a utilizarse en diferentes aplicaciones.

Cuando los drones sean capaces de «sentir» y responder a su entorno (por ejemplo, alterar su trayectoria de vuelo para evitar colisiones), podrán realizar tareas como la comprobación de lí-

neas de energía eléctrica o la entrega de suministros médicos en zonas de guerra. En la agricultura, la utilización de drones, combinada con el análisis de datos, permitirá el uso más preciso y eficiente de fertilizantes y agua, por ejemplo.

Impresión 3D

También llamada «fabricación aditiva», la impresión 3D consiste en crear un objeto físico mediante la impresión capa por capa de un modelo o dibujo digital en 3D. Esto es lo contrario de la fabricación sustractiva, que es la forma en que se han hecho las cosas hasta ahora, sustrayendo capas de una porción de material hasta obtener la forma deseada. Por el contrario, la impresión en 3D comienza con material suelto y luego construye un objeto de forma tridimensional utilizando una plantilla digital.

La tecnología se está utilizando en una amplia gama de aplicaciones, desde grandes (aerogeneradores) hasta pequeñas (implantes médicos). Por el momento, principalmente se limita a aplicaciones en las industrias automotriz, aeroespacial y médica. A diferencia de los bienes manufacturados producidos en serie, los productos impresos en 3D se pueden personalizar fácilmente. A medida que se superen las limitaciones actuales de tamaño, costos y velocidad, la impresión 3D se difundirá aún más e incluirá componentes electrónicos como circuitos impresos e incluso células y órganos humanos. Los investigadores ya están trabajando en 4D, un proceso que podría crear una nueva generación de productos que se modifican a sí mismos, capaces de responder a cambios ambientales como el calor y la humedad. Esta tecnología podría utilizarse para fabricar ropa o calzado, así como en productos relacionados con la salud, como implantes diseñados para adaptarse al cuerpo humano.

Robótica avanzada

Hasta hace poco, el uso de robots se limitaba a tareas muy controladas en industrias específicas como la automotriz.

Hoy, sin embargo, los robots son cada vez más utilizados en todos los sectores en una amplia serie de tareas, desde la agricultura de precisión hasta la enfermería. El rápido progreso en robótica pronto hará que la colaboración entre seres humanos y máquinas sea una realidad cotidiana. Por otra parte, debido a otros avances tecnológicos, los robots son cada vez más adaptables y flexibles, con un diseño estructural y funcional inspirado en estructuras biológicas complejas (una extensión de un proceso llamado «biomimética», mediante el cual se imitan los patrones y las estrategias de la naturaleza).

Los avances en materia de sensores permiten a los robots comprender y responder mejor a su entorno y dedicarse a una variedad más amplia de tareas, como los trabajos del hogar. Al contrario de lo que sucedía en el pasado, cuando tenían que ser programados por medio de una unidad autónoma, los robots pueden ahora tener acceso a la información de manera remota mediante la nube y conectarse así con una red de otros robots. Cuando emerja la próxima generación de robots, probablemente reflejarán el énfasis creciente en la colaboración hombre-máquina. En el capítulo 3, evaluaré las preguntas éticas y psicológicas formuladas por estas relaciones hombre-máquina.

Nuevos materiales

Con atributos que parecían inimaginables hace algunos años, nuevos materiales están llegando al mercado. En general, son más lige-

ros, sólidos, reciclables y adaptables. En la actualidad existen aplicaciones para materiales inteligentes que se autorreparan o se limpian a sí mismos, metales con memoria que vuelven a sus formas originales, cerámicas y cristales que convierten la presión en energía, y así sucesivamente.

Como en el caso de muchas de las innovaciones de la cuarta revolución industrial, es difícil saber adónde conducirán los avances en nuevos materiales. Tomemos nanomateriales avanzados como el grafeno, que es unas doscientas veces más fuerte que el acero, un millón de veces más delgado que un cabello humano y un conductor eficiente del calor y la electricidad.[6] Cuando el grafeno tenga un precio competitivo (gramo a gramo, es uno de los materiales más caros del planeta, pues una hojuela de un micrómetro de grosor cuesta más de 1.000 dólares), podría tener un impacto significativo en las industrias de fabricación e infraestructura.[7] También podría afectar profundamente a los países que dependen en gran medida de una materia prima particular.

Otros materiales nuevos podrían desempeñar un papel importante en la mitigación de los riesgos globales que afrontamos. Las nuevas innovaciones en materia de plásticos termoestables, por ejemplo, podrían crear materiales reutilizables que se han considerado casi imposibles de reciclar pero que son utilizados en todo, desde teléfonos móviles y circuitos impresos hasta componentes de la industria aeroespacial. El reciente descubrimiento de nuevas clases de polímeros termoestables reciclables llamados «polihexahidrotriazinas» (PHT) es un gran paso hacia la economía circular, que es regenerativa por diseño y funciona mediante el desacoplamiento del crecimiento y las necesidades de recursos.[8]

2.1.2. Digitales

Una de las principales conexiones entre las aplicaciones físicas y digitales que ha sido habilitada por la cuarta revolución industrial es el internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés), a veces llamado el «internet de todas las cosas». En su forma más simple, se puede describir como una relación entre las cosas (productos, servicios, lugares, etc.) y la gente, que resulta posible mediante tecnologías conectadas y plataformas varias.

Los sensores y muchos otros medios para conectar las cosas del mundo físico a redes virtuales están proliferando a un ritmo asombroso. Sensores más pequeños, baratos e inteligentes están siendo instalados en hogares, ropa y accesorios, ciudades, redes de transporte y de energía, así como en procesos de fabricación. Hoy en día, hay miles de millones de dispositivos en todo el mundo, como teléfonos inteligentes, tabletas y ordenadores que están conectados a internet. Se espera que su número aumente sensiblemente en los próximos años, con estimaciones que van desde varios miles de millones hasta más de un billón. Esto alterará radicalmente la manera en que gestionamos las cadenas de suministro al permitirnos controlar y optimizar los activos y las actividades a un nivel muy granular. En este proceso, se tendrá un impacto transformador en todas las industrias, desde la manufactura y la infraestructura hasta la salud.

Consideremos el monitoreo remoto, una aplicación muy conocida del IoT. Cualquier paquete, palé o contenedor ahora puede estar equipado con un sensor, un transmisor o una etiqueta de identificación por radiofrecuencia (RFID) que permite a una empresa rastrear sus movimientos a través de la cadena de suministro, cómo se comporta el objeto, cómo se está utilizando y así sucesivamente. Del mismo modo, los clientes pueden

hacer un seguimiento continuo (prácticamente en tiempo real) del trayecto del paquete o documento que están esperando. Para las empresas del sector de la operación de cadenas de suministro largas y complejas, esto es transformador. En un futuro próximo, también se aplicarán sistemas de monitoreo similares al movimiento y rastreo de las personas.

La revolución digital está creando enfoques radicalmente nuevos que revolucionan la forma en que los individuos e instituciones participan y colaboran entre sí. Por ejemplo, el *blockchain*, a menudo descrito como un «libro de contabilidad distribuido», es un protocolo seguro por el cual una red de ordenadores verifica colectivamente una transacción antes de que pueda ser registrada y aprobada. La tecnología que sustenta el *blockchain* genera confianza al permitir que personas que no se conocen (y por lo tanto no tienen ninguna base subyacente de confianza) colaboren entre sí sin tener que pasar por una autoridad central que sea neutral, por ejemplo un custodio o un sistema de contabilidad centralizado. En esencia, el *blockchain* es un libro de contabilidad compartido, programable, criptográficamente seguro y por lo tanto de fiar, que ningún usuario individual controla pero que permite ser inspeccionado por todos.

Bitcoin es hasta ahora la aplicación del *blockchain* más conocida, pero la tecnología pronto dará lugar a muchas otras. Si por el momento la tecnología del *blockchain* registra las transacciones financieras hechas con monedas digitales como bitcoin, en el futuro servirá como un registrador para otras cosas diferentes, como certificados de nacimiento y defunción, títulos de propiedad, licencias de matrimonio, títulos académicos, reclamaciones de seguros, procedimientos médicos, votos electorales y, esencialmente, cualquier tipo de transacción que pueda ser expresada en forma de código. Algunos países e instituciones ya están investigando el potencial del *blockchain*. El gobierno de

Honduras, por ejemplo, está utilizando la tecnología para gestionar títulos de propiedad, mientras que la isla de Man está probando su uso en el registro de empresas.

En una escala más amplia, las plataformas basadas en la tecnología hacen posible lo que ahora se llama «economía bajo demanda» (conocida por algunos como «consumo colaborativo»). Estas plataformas, que son fáciles de usar en un teléfono inteligente, ponen en contacto gente, activos y datos, y crean formas completamente nuevas de consumo de bienes y servicios. Reducen las barreras para que empresas y particulares generen riqueza al alterar los entornos personales y profesionales.

El modelo de Uber personifica el poder disruptivo de estas plataformas tecnológicas. Estos negocios de plataforma se multiplican rápidamente para ofrecer nuevos servicios que van desde lavar la ropa hasta ir de compras, desde hacer recados hasta estacionar el coche, desde compartir una casa hasta compartir viajes largos en un automóvil. Tales negocios tienen una cosa en común: hacen coincidir la oferta y la demanda de una manera muy asequible (de bajo costo) suministrando a los consumidores diversas mercancías y permitiendo que ambas partes interactúen y se retroalimenten; así, estas plataformas generan confianza. Ello permite el uso eficaz de activos subutilizados, es decir, aquellos pertenecientes a personas que nunca antes habían pensado en sí mismas como proveedores (por ejemplo, el asiento en sus vehículos, un dormitorio disponible en su casa, un enlace comercial entre comerciante y fabricante o el tiempo y la capacidad para brindar un servicio, como entregas, reparaciones en el hogar o tareas administrativas).

La economía bajo demanda plantea una pregunta fundamental: ¿qué vale la pena poseer, la plataforma o el activo subyacente? Como escribió el estratega de medios de comunicación Tom Goodwin en un artículo de *TechCrunch* en marzo de 2015: «Uber,

la empresa de taxis más grande del mundo, no es propietaria de ningún vehículo. Facebook, dueño del medio de comunicación más popular del mundo, no crea contenido. Alibaba, el minorista más valioso, no tiene ningún inventario. Y Airbnb, el proveedor de alojamiento más grande del mundo, no posee bienes raíces». [9]

Las plataformas digitales han reducido mucho los costos de transacción y de fricción en los cuales se incurre cuando personas u organizaciones comparten el uso de un bien o prestan un servicio. Cada transacción puede ser dividida ahora en incrementos muy pequeños, con beneficios económicos para todas las partes involucradas. Además, al utilizar plataformas digitales, el costo marginal de producir cada producto, bien o servicio adicional tiende a cero. Esto tiene consecuencias mayúsculas para los negocios y la sociedad, algo que abordaré en el capítulo 3.

2.1.3. Biológicas

Las innovaciones en el campo biológico —y la genética en particular— son, cuando menos, impresionantes. En los últimos años se han logrado considerables progresos en reducir costos y aumentar la facilidad para la secuenciación genética, y más recientemente para activar o modificar genes. Se tardaron más de diez años, a un costo de 2.700 millones de dólares, en completar el Proyecto Genoma Humano. Hoy, un genoma puede ser secuenciado en pocas horas y por menos de 1.000 dólares.[10] Mediante los avances en la potencia de cómputo, los científicos ya no trabajan por ensayo y error; por el contrario, investigan la manera en que las variaciones genéticas específicas pueden generar tratamientos particulares y enfermedades.

La biología sintética es el siguiente paso. Nos proporcionará la posibilidad de personalizar los organismos mediante la configuración del ADN. Si dejamos de lado las cuestiones éticas profundas que esto plantea, tales avances no solo tendrán un impacto profundo e inmediato en la medicina, sino también en la agricultura y la producción de biocombustibles.

Muchos de nuestros insuperables retos en salud, desde las cardiopatías hasta el cáncer, tienen un componente genético. Debido a ello, la capacidad para determinar la constitución genética individual de una manera eficaz y rentable (por medio de la secuenciación en máquinas utilizadas en el diagnóstico rutinario) revolucionará la sanidad de forma personalizada y eficaz. Una vez informados sobre la composición genética de un tumor, los médicos serán capaces de tomar decisiones sobre el tratamiento del cáncer de un paciente.

Dado que nuestra comprensión de la relación entre marcadores genéticos y enfermedades sigue siendo pobre, cantidades crecientes de datos harán posible una medicina más precisa y permitirán el desarrollo de terapias muy dirigidas a mejorar los resultados del tratamiento. En la actualidad, el sistema del superordenador Watson de IBM puede ayudar a recomendar, en pocos minutos, tratamientos personalizados para pacientes con cáncer mediante la comparación de los historiales de la enfermedad y su tratamiento, exploraciones y datos genéticos con el universo (casi) completo de conocimiento médico actualizado.[11]

La capacidad de alterar la biología puede aplicarse a prácticamente cualquier tipo de célula, lo que permite la creación de plantas o animales genéticamente modificados, así como la modificación de las células de organismos adultos, incluidos los seres humanos. Esto difiere de la ingeniería genética practicada en la década de 1980 en que es mucho más precisa, eficaz y fácil de usar que los métodos anteriores.

De hecho, la ciencia avanza tan rápido que las limitaciones son ahora menos técnicas que jurídicas, regulatorias y éticas. La lista de posibles aplicaciones es prácticamente ilimitada, y va desde la capacidad de modificar animales de tal forma que puedan ser criados mediante una dieta más económica o adecuada a las condiciones locales, hasta la creación de cultivos capaces de soportar temperaturas extremas o sequías.

A medida que la investigación en ingeniería genética avanza (por ejemplo, el desarrollo del método CRISPR/Cas9 para la edición genética y la terapia), las limitaciones para lograr una entrega y una especificidad eficaces serán superadas, lo que nos dejará una pregunta más inmediata y más desafiante, especialmente desde un punto de vista ético: ¿cómo revolucionará la edición genética la investigación y el tratamiento médicos? En principio, las plantas y los animales podrían ser potencialmente diseñados para producir productos farmacéuticos y otras formas de tratamiento. El día en que las vacas puedan ser diseñadas para producir en la leche un elemento de coagulación de la sangre, del cual los hemofílicos carecen, no está lejos. Los investigadores ya han comenzado a diseñar los genomas de los cerdos con el propósito de confeccionar órganos adecuados para el trasplante humano (un proceso llamado «xenotrasplante», el cual no se podía prever sino hasta ahora debido al riesgo de rechazo inmunológico del cuerpo humano y la transmisión de enfermedades de los animales a los seres humanos).

En consonancia con el punto anterior acerca de cómo las diferentes tecnologías se funden para enriquecerse mutuamente, la fabricación 3D se combinará con la edición genética a fin de producir tejidos vivos para la reparación y regeneración de tejidos, un proceso llamado «bioimpresión». Esto ya se ha utilizado para generar piel, hueso, corazón y tejido vascular. Eventualmen-

te, las capas impresas de células hepáticas se utilizarán para crear órganos de trasplante.

Estamos desarrollando nuevos métodos para integrar y utilizar dispositivos que monitoreen nuestros niveles de actividad y de química sanguínea, y cómo enlazar todo esto con el bienestar, la salud mental y la productividad en casa y en el trabajo. También estamos aprendiendo mucho más acerca de cómo funciona el cerebro humano y estamos viendo desarrollos increíbles en el campo de la neurotecnología. De ello da fe el hecho de que, en los últimos años, dos de los programas de investigación más financiados del mundo pertenecen al ámbito del cerebro. Es en el campo biológico donde veo los mayores retos para el desarrollo tanto de normas sociales como de legislación adecuada. Nos enfrentamos a nuevas preguntas acerca de lo que significa ser humanos, qué datos e información sobre nuestro cuerpo y nuestra salud pueden o deberían ser compartidos con los demás, y qué derechos y responsabilidades tenemos a la hora de cambiar el código genético de generaciones futuras.

Por volver al tema de la configuración genética, que ahora sea mucho más fácil manipular con precisión el genoma humano en embriones viables significa que es probable que en el futuro lleguemos a ver el nacimiento de bebés de diseño que poseerán rasgos particulares o serán resistentes a una enfermedad específica. No hace falta decir que las discusiones sobre las oportunidades y los desafíos de estas capacidades ya están en marcha. En particular, en diciembre de 2015, la Academia Nacional de Ciencias y la Academia Nacional de Medicina de Estados Unidos, la Academia China de Ciencias y la Sociedad Real del Reino Unido convocaron una Cumbre Internacional sobre la Configuración Genética Humana. A pesar de tales deliberaciones, no estamos todavía preparados para hacer frente a las realidades y consecuencias de las últimas técnicas genéticas aunque ya están

de camino. Los retos sociales, médicos, éticos y psicológicos que plantean son considerables y deben resolverse, o al menos se deben abordar apropiadamente.

La dinámica del descubrimiento

La innovación es un proceso social complejo, y no es algo que debamos dar por sentado. Por lo tanto, a pesar de que este apartado ha puesto de manifiesto una amplia gama de avances tecnológicos con el poder de cambiar el mundo, es importante que prestemos atención a cómo podemos garantizar que estos avances continúen y se dirijan hacia los mejores resultados posibles.

Las instituciones académicas son a menudo consideradas centros de vanguardia en la búsqueda de ideas innovadoras. La evidencia con que contamos hoy en día, sin embargo, indica que los incentivos de carrera y las condiciones de financiación en las universidades favorecen actualmente los programas de investigación conservadores y graduales por encima de los programas audaces e innovadores.[12]

Un antídoto contra la investigación conservadora en el ámbito académico es la promoción de formas de investigación más comerciales. Esto, no obstante, plantea desafíos. En el año 2015, Uber Technologies Inc. contrató a cuarenta investigadores y científicos especialistas en robótica de la Universidad Carnegie Mellon, un porcentaje significativo del capital humano de un laboratorio, lo que mejoró la capacidad de investigación del centro y ejerció presión sobre los contratos de la universidad con el Departamento de Defensa de Estados Unidos y otras organizaciones.[13]

Con el fin de fomentar la investigación pionera y fundamental así como las adaptaciones técnicas innovadoras a través

de la academia y los negocios por igual, los gobiernos deben asignar más fondos a programas de investigación ambiciosos. Asimismo, las colaboraciones de investigación público-privadas deben estructurarse cada vez más para construir conocimiento y capital humano para el beneficio de todos.

2. 2. Puntos de inflexión

Cuando estas megatendencias se discuten en términos generales, parecen un tanto abstractas. Sin embargo, están dando lugar a desarrollos y aplicaciones muy prácticos.

Un informe del Foro Económico Mundial publicado en septiembre de 2015 identificó 21 puntos de inflexión —es decir, momentos en los que cambios tecnológicos específicos repercuten en la sociedad en general— que darán forma a nuestro futuro mundo digital e hiperconectado.[14] Se espera que todos estos momentos ocurran en los próximos diez años y, por lo tanto, captan con viveza las modificaciones profundas generadas por la cuarta revolución industrial. Los puntos de inflexión fueron identificados a través de una encuesta realizada por el Consejo de la Agenda Global sobre el Futuro del Software y la Sociedad, en la que participaron más de ochocientos ejecutivos y expertos del sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones.

La tabla 1 presenta el porcentaje de encuestados que esperan que el punto de inflexión específico haya ocurrido antes de 2025.[15] En el apéndice, cada punto de inflexión será presentado con mayor detalle junto con sus impactos positivos y negativos. Dos puntos de inflexión que no formaban parte de la encuesta original —seres diseñados y neurotecnologías— también están incluidos pero no aparecen en la tabla 1.

Estos puntos de inflexión proporcionan un contexto importante, pues señalan los cambios sustantivos que se avecinan —amplificados por su naturaleza sistémica— y la mejor manera de prepararse y abordarlos. Como señalo en el siguiente capítulo, navegar por esta transición comienza con el reconocimiento de los cambios que están sucediendo, así como de aquellos por venir y su impacto en todos los niveles de la sociedad global.

TABLA 1. Puntos de inflexión que ocurrirán antes de 2025

El 10% de las personas usarán ropa conectada a internet	91,2
El 90% de la gente tendrá almacenamiento ilimitado y gratuito (patrocinado mediante publicidad)	91,0
Un billón de sensores estarán conectados a internet	89,2
Primer farmacéutico robótico en Estados Unidos	86,5
El 10% de las gafas de lectura estarán conectadas a internet	85,5
El 80% de las personas tendrán presencia digital en internet	84,4
El primer automóvil impreso en 3D estará en producción	84,1
Primer gobierno que sustituirá su censo poblacional por uno basado en el Big Data	82,9
Primer teléfono móvil implantable disponible comercialmente	81,7
El 5% de los productos de consumo estarán impresos en 3D	81,1
El 90% de la población utilizará teléfonos inteligentes	80,7
El 90% de la población tendrá acceso regular a internet	78,8
Los automóviles sin conductor serán el 10% de todos los vehículos en las carreteras de Estados Unidos	78,2
Primer trasplante de un hígado impreso en 3D	76,4
El 30% de las auditorías corporativas serán realizadas mediante inteligencia artificial	75,4

Primera vez que un gobierno recaudará sus impuestos utilizando *blockchain*	73,1
Más del 50% del tráfico de internet en los hogares será para electrodomésticos y dispositivos	69,9
En general, habrá más viajes en vehículo compartido que en coches privados	67,2
Primera ciudad con más de 50.000 personas que no tendrá semáforos	63,7
El 10% del producto interior bruto global se almacenará con tecnología *blockchain*	57,9
Primera máquina de inteligencia artificial en una junta directiva	45,2

Fuente: *Deep Shift. Technology Tipping Points and Societal Impact*, Consejo de Agenda Global sobre el Futuro del Software y la Sociedad, Foro Económico Mundial, septiembre de 2015.

3

Impacto

La escala y la amplitud de la creciente revolución tecnológica producirán cambios económicos, sociales y culturales de proporciones tan fenomenales que son casi imposibles de prever. Sin embargo, este capítulo describe y analiza el impacto potencial de la cuarta revolución industrial en la economía, los negocios, los gobiernos y países, la sociedad y los individuos.

En todos estos ámbitos, uno de los mayores impactos probablemente resultará de una sola fuerza, el empoderamiento —cómo los gobiernos se relacionarán con sus ciudadanos; cómo las empresas se relacionarán con sus empleados, accionistas y clientes, o cómo las superpotencias se relacionarán con países más pequeños—. La disrupción que la cuarta revolución industrial supondrá para los modelos políticos, económicos y sociales existentes requerirá, por tanto, que los actores empoderados reconozcan que son parte de un sistema distribuido de poder que necesita formas más colaborativas de interacción para alcanzar el éxito.

3. 1. Economía

La cuarta revolución industrial tendrá un impacto monumental en la economía mundial, tan vasto y multifacético que hará

difícil diferenciar algún efecto particular de los demás. De hecho, todas las grandes macrovariables en que uno pueda pensar —PIB, inversión, consumo, empleo, comercio, inflación y demás— resultarán afectadas. He decidido centrarme solo en las dos dimensiones más críticas, el crecimiento (en gran parte a través de la lente de su determinante a largo plazo, la productividad) y el empleo.

3. 1. 1. Crecimiento

El impacto que la cuarta revolución industrial tendrá en el crecimiento económico es un tema que divide a los economistas. Por un lado, los tecnopesimistas argumentan que ya se han hecho las aportaciones críticas de la revolución digital y que su impacto sobre la productividad ya casi ha finalizado. En el campo opuesto, los tecnooptimistas afirman que la tecnología y la innovación se encuentran en un punto de inflexión y que pronto desatarán un aumento de la productividad y un mayor crecimiento económico.

Aunque acepto aspectos de ambos bandos de la discusión, sigo siendo un optimista pragmático. Soy muy consciente del posible impacto deflacionario de la tecnología (incluso cuando es definido como «deflación buena») y de cómo algunos de sus efectos distributivos pueden favorecer al capital sobre el trabajo y también reducir los salarios (y por lo tanto el consumo). También veo que la cuarta revolución industrial les permite a muchas personas consumir más a un menor precio y de una manera que a menudo vuelve el consumo más sostenible y, por lo tanto, responsable.

Es importante contextualizar los posibles impactos de la cuarta revolución industrial sobre el crecimiento con respecto a las tendencias económicas recientes y otros factores que contri-

buyen al crecimiento. En los años anteriores a la crisis económica y financiera que comenzó en 2008, la economía mundial estaba creciendo a un ritmo cercano al 5 por ciento anual. Si esta tasa hubiera seguido, habría permitido que el PIB mundial se duplicara cada catorce o quince años, sacando a miles de millones de personas de la pobreza.

Inmediatamente después de la Gran Recesión, la expectativa de que la economía mundial volvería a su anterior pauta de crecimiento era generalizada. Pero esto no ha ocurrido. La economía mundial parece pegada a una tasa de crecimiento inferior al promedio de posguerra, un 3 o 3,5 por ciento al año.

Algunos economistas han planteado la posibilidad de una «depresión centenaria» y hablan de un «estancamiento secular», un término acuñado durante la Gran Depresión por Alvin Hansen y recientemente puesto de moda por los economistas Larry Summers y Paul Krugman. El «estancamiento secular» describe una situación de caídas persistentes de la demanda que no puede ser superada, incluso con tipos de interés cercanos a cero. Aunque esta idea es objeto de disputas entre académicos, tiene implicaciones trascendentales. De ser cierta, sugiere que el crecimiento del PIB global podría disminuir aún más. Podemos imaginar un escenario extremo en el que el crecimiento anual del PIB global caiga al 2 por ciento lo que significaría que serían necesarios treinta y seis años para que el PIB mundial se duplicara.

Hoy en día hay muchas explicaciones para un crecimiento global más lento, que van desde una mala asignación del capital hasta el sobreendeudamiento, los cambios demográficos y así sucesivamente. Abordaré dos de ellas, el envejecimiento y la productividad, ya que ambos están particularmente entrelazados con el progreso tecnológico.

El envejecimiento

Se prevé que la población mundial crezca de 7.200 millones en la actualidad a 8.000 millones hacia 2030 y a 9.000 millones en 2050. Esto debería conducir a un aumento de la demanda agregada. Pero hay otra poderosa tendencia demográfica, el envejecimiento. La sabiduría popular dice que el envejecimiento afecta principalmente a los países ricos de Occidente. Sin embargo, este no es el caso. Las tasas de natalidad están cayendo por debajo de los niveles de sustitución en muchas regiones del mundo, no solo en Europa, donde comenzó el declive, sino también en la mayoría de los países de América del Sur y el Caribe, en gran parte de Asia, incluidos China y el sur de la India, y en algunos países de Oriente Próximo y África del Norte, como Líbano, Marruecos e Irán.

El envejecimiento es un reto económico porque, a menos que la edad de jubilación se incremente drásticamente, de forma que los miembros más viejos de la sociedad puedan seguir contribuyendo a la fuerza laboral (un imperativo económico que tiene muchos beneficios económicos), la población en edad de trabajar caerá al mismo tiempo que aumente el porcentaje de ancianos dependientes. Cuando la población envejece y hay menos adultos jóvenes, las compras de artículos caros, como casas, muebles, vehículos y aparatos, disminuyen. Adicionalmente, menos personas tomarán riesgos empresariales porque los trabajadores que envejecen tienden a preservar los bienes que necesitan para jubilarse cómodamente en lugar de crear nuevas empresas. Esto está un tanto equilibrado por la gente que se está jubilando y reduciendo sus ahorros acumulados, situación que en el agregado disminuye el ahorro y las tasas de inversión.

Estos hábitos y pautas pueden cambiar de dirección a medida que las sociedades que envejecen se adaptan, pero la tendencia general es que un mundo que envejece está destinado a

crecer más lentamente, a menos que la revolución tecnológica provoque un mayor crecimiento de la productividad, definida simplemente como la capacidad para trabajar más inteligentemente en lugar de más duro.

La cuarta revolución industrial nos proporciona la capacidad para vivir una vida más larga, más saludable y más activa. Dado que vivimos en una sociedad en que se espera que más de una cuarta parte de los niños nacidos hoy en las economías avanzadas lleguen a vivir cien años, vamos a tener que repensar temas como la edad productiva y de jubilación de la población, y los proyectos de vida personales.[16] La dificultad que muchos países están experimentando al intentar hablar de estos temas es otra muestra de cómo no estamos preparados para reconocer de manera adecuada y proactiva las fuerzas del cambio.

La productividad

Durante la última década, la productividad en todo el mundo, tanto si se mide como productividad laboral o como productividad total de factores (PTF), se ha mantenido baja, a pesar del crecimiento exponencial del progreso tecnológico y las inversiones en innovación.[17] Esta es la encarnación más reciente de la paradoja de la productividad —el fracaso aparente de una innovación tecnológica que no genera niveles más altos de productividad— y uno de los grandes enigmas económicos de hoy, previo incluso al inicio de la Gran Recesión y para el cual no existe una explicación satisfactoria.

Consideremos Estados Unidos, donde la productividad laboral creció en promedio un 2,8 por ciento entre 1947 y 1983, y un 2,6 por ciento entre 2000 y 2007, en comparación con el 1,3 por ciento registrado entre 2007 y 2014.[18] Gran parte de esta

caída se debe a niveles más bajos de PTF, la medida más comúnmente asociada con la contribución a la eficiencia que surge de la tecnología y la innovación. La Oficina de Estadísticas Laborales de Estados Unidos indica que el crecimiento de la PTF entre 2007 y 2014 fue solo del 0,5 por ciento, una caída significativa en comparación con el crecimiento anual del 1,4 por ciento en el período de 1995 a 2007.[19] Esta disminución de la productividad medida es particularmente preocupante dado que ha ocurrido al mismo tiempo que las cincuenta compañías más grandes de Estados Unidos acumulaban activos en efectivo por más de 1 billón de dólares, a pesar de unos tipos de interés reales que han rondado el cero por ciento durante casi cinco años.[20]

La productividad es el factor más importante del crecimiento a largo plazo y del aumento del nivel de vida, por lo que su ausencia, si se mantiene a lo largo de la cuarta revolución industrial, significa que tendremos menos de estos beneficios. Sin embargo, ¿cómo podemos conciliar los datos que indican una productividad decreciente con las expectativas de una mayor productividad que tienden a ser asociadas con el progreso exponencial de la tecnología y la innovación?

Un argumento inicial se centra en lo difícil que resulta cuantificar los *inputs* y *outputs* y, por lo tanto, valorar la productividad. Los productos y servicios innovadores creados en la cuarta revolución industrial poseen significativamente una mayor funcionalidad y calidad, pero se entregan en mercados que son fundamentalmente diferentes de aquellos que estamos acostumbrados a medir. Muchos nuevos bienes y servicios no tienen rival, tienen cero costos marginales y/o se destacan en mercados bastante competitivos a través de plataformas digitales, todo lo cual da lugar a precios más bajos. Dadas estas circunstancias, nuestras estadísticas tradicionales bien podrían ser incapaces de captar los aumentos reales del valor dado que el excedente del

consumidor aún no se refleja en las ventas totales o mediante ganancias superiores.

Hal Varian, economista jefe de Google, señala varios ejemplos, como el aumento de la eficiencia al solicitar un servicio de taxi a través de una aplicación móvil o el alquiler de un vehículo a través del poder de la economía bajo demanda. Hay muchos otros servicios similares cuyo uso tiende a aumentar la eficiencia y, por ende, la productividad. Pero, dado que son gratuitos, proporcionan un valor no contabilizado para el hogar y el trabajo. Esto crea una discrepancia entre el valor entregado a través de un determinado servicio frente al crecimiento medido según las estadísticas nacionales. También sugiere que, en términos reales, estamos produciendo y consumiendo de manera más eficiente de lo que los indicadores económicos sugieren.[21]

Otro argumento es que, mientras que los incrementos de productividad de la tercera revolución industrial bien podrían estar acabándose, el mundo aún tiene que experimentar el estallido de productividad generado por la oleada de nuevas tecnologías surgidas en el corazón de la cuarta revolución industrial.

Por cierto, como un optimista pragmático, estoy plenamente convencido de que apenas estamos empezando a sentir el impacto positivo en el mundo que puede tener la cuarta revolución industrial. Mi optimismo se deriva de tres fuentes principales.

En primer lugar, la cuarta revolución industrial ofrece la oportunidad de incorporar a la economía mundial las necesidades insatisfechas de dos mil millones de personas, lo que motiva una demanda adicional de productos y servicios existentes mediante el empoderamiento y la conexión entre sí de personas y comunidades en todo el mundo.

En segundo lugar, aumentará en gran medida nuestra capacidad de enfrentarnos a las externalidades negativas y, en el pro-

ceso, aumentar el potencial de crecimiento económico. Tomemos las emisiones de carbono, una importante externalidad negativa, como ejemplo. Hasta hace poco, la inversión verde solo era atractiva cuando estaba fuertemente subvencionada por los gobiernos. Este es cada vez menos el caso. Los rápidos avances tecnológicos en energía renovable, eficiencia de los combustibles y almacenamiento de energía no solo hacen que la inversión en estos campos sea cada vez más rentable, impulsando el crecimiento del PIB, sino que también contribuyen a la mitigación del cambio climático, uno de los mayores desafíos globales de nuestro tiempo.

En tercer lugar, como explico en el próximo apartado, las empresas, los gobiernos y los líderes de la sociedad civil con quienes interactúo me dicen que están luchando por transformar sus organizaciones para alcanzar totalmente la eficiencia que ofrecen las capacidades digitales. Estamos aún al principio de la cuarta revolución industrial, y esta requerirá por completo de nuevas estructuras económicas y organizativas para captar todo su valor.

En verdad, mi opinión es que las reglas de la competitividad en la economía de la cuarta revolución industrial son diferentes de las de períodos anteriores. Para seguir siendo competitivos, tanto las empresas como los países deben ubicarse en la frontera de la innovación en todas sus formas, lo que significa que las estrategias que se centran principalmente en la reducción de costos serán menos eficaces que las que se basen en ofrecer productos y servicios de maneras más innovadoras. Como vemos hoy en día, las empresas ya establecidas están siendo llevadas a situaciones de presión extrema por disruptores e innovadores emergentes de otras industrias y países. Lo mismo podría decirse de los países que no reconocen la necesidad de centrarse en la construcción de forma adecuada de sus ecosistemas de innovación.

Para resumir, creo que la combinación de factores estruc-

turales (sobreendeudamiento y sociedades que envejecen) y sistémicos (la introducción de la plataforma y las economías bajo demanda, la importancia cada vez mayor de disminuir los costos marginales, etc.) nos obliga a reescribir nuestros manuales de economía. La cuarta revolución industrial tiene el potencial tanto de incrementar el crecimiento económico como de aliviar algunos de los principales desafíos globales que afrontamos de manera colectiva. Sin embargo, también necesitamos reconocer y gestionar los impactos negativos que puede tener, en particular con respecto a la desigualdad, el empleo y los mercados de trabajo.

3.1.2. Empleo

A pesar del impacto positivo potencial de la tecnología en el crecimiento económico, es esencial atender su posible impacto negativo, al menos a corto plazo, en el mercado laboral. Los temores del impacto de la tecnología en el empleo no son nuevos. En 1931, el economista John Maynard Keynes advirtió acerca del extendido desempleo debido a la tecnología «a causa de nuestro descubrimiento de medios para economizar el uso del trabajo a mayor ritmo del que podemos encontrar nuevas aplicaciones para el trabajo».[22] Esto demostró ser incorrecto, pero ¿qué pasa si esta vez sí es verdad? En los últimos años, se ha reavivado el debate por la evidencia de que los ordenadores están sustituyendo cierto número de empleos, principalmente bibliotecarios, cajeros y operadores telefónicos.

Las razones por las cuales la nueva revolución tecnológica provocará más revuelo que las anteriores revoluciones industriales son las ya mencionadas en la introducción: la velocidad (todo está sucediendo a un ritmo mucho más rápido que nunca), la

amplitud y profundidad (muchos cambios radicales se producen simultáneamente), y la completa transformación de sistemas enteros.

A la luz de estos factores impulsores, hay una certeza: las nuevas tecnologías cambiarán profundamente la naturaleza del trabajo en todas las industrias y ocupaciones. La incertidumbre fundamental tiene que ver con la medida en que la automatización sustituya a la mano de obra. ¿Cuánto tiempo tardará y hasta dónde llegará?

Para comprender esto, tenemos que entender los dos efectos en competencia que la tecnología ejerce sobre el empleo. En primer lugar, existe un efecto de destrucción a medida que la disrupción y la automatización generadas por la tecnología sustituyen el capital por el trabajo, forzando a los trabajadores a quedarse en paro o a utilizar sus aptitudes en otros lugares. En segundo lugar, a este efecto de destrucción lo acompaña un efecto de capitalización, en el cual la demanda de nuevos bienes y servicios aumenta y conduce a la creación de nuevas ocupaciones, empresas e incluso industrias.

Como seres humanos, tenemos una capacidad sorprendente de adaptación e ingenio. Pero la clave aquí es el momento y la medida en que el efecto de capitalización reemplaza el de destrucción y cuán rápido se logrará la sustitución.

Hay básicamente dos grupos opuestos cuando se piensa en el impacto de las tecnologías emergentes en el mercado laboral: aquel en el que están quienes creen en un final feliz, en el que los trabajadores desplazados por la tecnología encuentran nuevos puestos de trabajo y en que la tecnología desata una nueva era de prosperidad, y el campo de quienes creen que la tecnología los llevará a un progresivo «armagedón» social y político, que creará un desempleo tecnológico masivo. La historia muestra que es probable que el resultado se encuentre en algún punto

intermedio. La pregunta es: ¿qué debemos hacer para promover resultados más positivos y ayudar a quienes están atrapados en la transición?

Siempre ha ocurrido que la innovación tecnológica destruye algunos puestos de trabajo, que a su vez reemplaza por otros trabajos nuevos de diferente tipo de actividad y posiblemente en otro lugar. Tomemos la agricultura como ejemplo. En Estados Unidos, las personas que trabajaban en el campo eran el 90 por ciento de la fuerza laboral a principios del siglo XIX, pero hoy en día representan menos del 2 por ciento. Esta fuerte reducción tuvo lugar de una forma relativamente suave, con una disrupción social o un desempleo endémico mínimos.

La economía de las *apps* proporciona un ejemplo de un nuevo ecosistema para el trabajo. Apenas comenzó en 2008, cuando Steve Jobs, el fundador de Apple, les permitió a desarrolladores externos crear aplicaciones para el iPhone. A mediados de 2015, la economía global de las *apps* esperaba generar más de 100.000 millones de dólares en ingresos, superando a la industria del cine, que ha existido durante más de un siglo.

Los tecnooptimistas preguntan: si extrapolamos a partir del pasado, ¿por qué debería ser diferente esta vez? Reconocen que la tecnología puede ser disruptiva, pero afirman que siempre termina mejorando la productividad y aumentando la riqueza, generando a su vez una mayor demanda de bienes y servicios, y nuevos tipos de empleo para satisfacer dicha demanda. El núcleo del argumento es el siguiente: los deseos y las necesidades humanas son infinitos, por lo que el proceso de satisfacerlos también debería serlo. Salvo las recesiones normales y las depresiones ocasionales, siempre habría trabajo para todos.

¿Qué evidencia apoya esto y qué nos dice acerca de lo que depara en el futuro? Los primeros indicios apuntan a que, probablemente, en las próximas décadas una oleada de innova-

ción sustituirá el trabajo en múltiples industrias y categorías laborales.

Sustitución de la mano de obra

Muchas categorías laborales diferentes, en particular aquellas que involucran labores mecánicamente repetitivas y manualmente precisas, ya han sido automatizadas. Muchas otras las seguirán, a medida que la potencia de cómputo continúe creciendo de forma exponencial. Antes de lo que muchos prevén, el trabajo de profesiones tan diversas como abogados, analistas financieros, médicos, periodistas, contables, aseguradores o bibliotecarios podría ser parcial o totalmente automatizado.

Hasta ahora, la evidencia es esta: la cuarta revolución industrial parece estar creando menos puestos de trabajo en nuevas industrias que en las revoluciones anteriores. Según una estimación del Programa Oxford Martin sobre Tecnología y Empleo, solo el 0,5 por ciento de la fuerza laboral de Estados Unidos trabaja en industrias que no existían en el cambio de siglo, un porcentaje mucho menor que el aproximadamente 8 por ciento de los nuevos empleos creados en nuevas industrias durante la década de 1980 y que el 4,5 por ciento de nuevos puestos de trabajo creados durante la década de 1990. Esto lo corrobora un reciente censo económico estadounidense que arroja una interesante luz sobre la relación entre la tecnología y el desempleo: demuestra que las innovaciones en información y otras tecnologías disruptivas tienden a aumentar la productividad mediante la sustitución de los trabajadores existentes, en lugar de crear nuevos productos que necesiten más mano de obra para ser producidos.

Dos investigadores de la Oxford Martin, el economista

Carl Benedikt Frey y el experto en aprendizaje de máquina Michael Osborne, han cuantificado el efecto potencial de la innovación tecnológica en el desempleo mediante un ranking de 702 profesiones distintas según su probabilidad de ser automatizadas, desde las menos susceptibles al riesgo de automatización («0» corresponde a ningún riesgo en absoluto) a aquellas más susceptibles al riesgo («1» corresponde a un cierto riesgo de que el trabajo sea sustituido por un ordenador de algún tipo).[23] En la tabla 2, a continuación, destaco algunas profesiones que son más propensas a ser automatizadas y otras que lo son menos.

La investigación concluye que alrededor del 47 por ciento de los empleos de Estados Unidos están en riesgo, quizá en la próxima década o dos; dicho riesgo se caracterizase por un alcance mucho más amplio de la destrucción del empleo a un ritmo mucho más rápido que los cambios del mercado laboral experimentados en anteriores revoluciones industriales. Además, la tendencia es hacia una mayor polarización en el mercado laboral. El empleo crecerá en puestos de trabajo cognitivos y creativos de altos ingresos y en ocupaciones manuales de bajos ingresos, pero disminuirá con fuerza para los empleos rutinarios y repetitivos de ingresos medios.

Es interesante señalar que no es solo la capacidad creciente para manejar algoritmos, robots y otras formas de activos no humanos lo que está impulsando esta sustitución. Michael Osborne observa que un factor crítico que permite la automatización es que las empresas hayan trabajado arduamente para definir mejor y simplificar el trabajo en los últimos años, como parte de sus esfuerzos por subcontratar interna y externamente, algo que les ha permitido crear «empleo digital» (por ejemplo, a través de Mechanical Turk o MTurk, de Amazon, un servicio en el mercado de «crowdsourcing» de internet). Esta simplificación labo-

TABLA 2. Ejemplos de las profesiones más y menos propensas a la automatización

Más propensas a la automatización

Probabilidad	*Ocupación*
0,99	Vendedores vía telefónica
0,99	Preparadores de impuestos
0,98	Evaluadores de seguros de daños en automóviles
0,98	Árbitros y otros jueces deportivos
0,98	Secretarios jurídicos
0,97	Camareros de restaurantes, salones y cafés
0,97	Compraventa de bienes inmuebles
0,97	Contratistas de trabajo agrícola
0,96	Secretarias y asistentes administrativos, excepto los jurídicos, médicos y ejecutivos
0,94	Entregas y mensajería

Menos propensas a la automatización

Probabilidad	*Ocupación*
0,0031	Salud mental y trabajadores sociales de abuso de sustancias
0,0040	Coreógrafos
0,0042	Médicos y cirujanos
0,0043	Psicólogos
0,0055	Gestores de recursos humanos
0,0065	Analistas de sistemas de cómputo
0,0077	Antropólogos y arqueólogos
0,0100	Ingenieros marinos y arquitectos navales
0,0130	Gerentes de ventas
0,0150	Altos ejecutivos

Fuente: Carl Benedikt Frey y Michael Osborne, Universidad de Oxford, 2013.

ral significa que los algoritmos están en mejores condiciones de reemplazar a los seres humanos. Tareas discretas y bien definidas conducen a una mejor supervisión y a datos de mayor calidad sobre la tarea, lo cual crea una mejor base a partir de la cual los algoritmos se pueden diseñar para hacer el trabajo.

Al pensar en la automatización y el fenómeno de la sustitución, no debemos caer en la tentación de participar en el pensamiento polarizado sobre el impacto de la tecnología en el empleo y el futuro del trabajo. Como demuestra el trabajo de Frey y Osborne, es casi inevitable que la cuarta revolución industrial tenga un gran impacto en los mercados laborales y centros de trabajo de todo el mundo, pero esto no significa que nos estemos enfrentando a un dilema del hombre contra la máquina. De hecho, en la gran mayoría de los casos la fusión de tecnologías digitales, físicas y biológicas que generan los cambios actuales servirá para mejorar el trabajo humano y la cognición, lo que significa que los líderes deben preparar su fuerza de trabajo y desarrollar modelos de educación para trabajar con máquinas cada vez más capaces, más conectadas y más inteligentes.

Impacto en las capacidades

En el futuro previsible, los trabajos de bajo riesgo en términos de automatización serán aquellos que requieran de capacidades sociales y creativas; en particular, la toma de decisiones bajo situaciones de incertidumbre y el desarrollo de ideas novedosas.

Esto, sin embargo, podría no durar. Consideremos una de las profesiones más creativas —la escritura— y el advenimiento de la generación automatizada de narrativa. Sofisticados algoritmos pueden crear narrativas en cualquier estilo apropiado para un público determinado. El contenido suena tan humano que un exa-

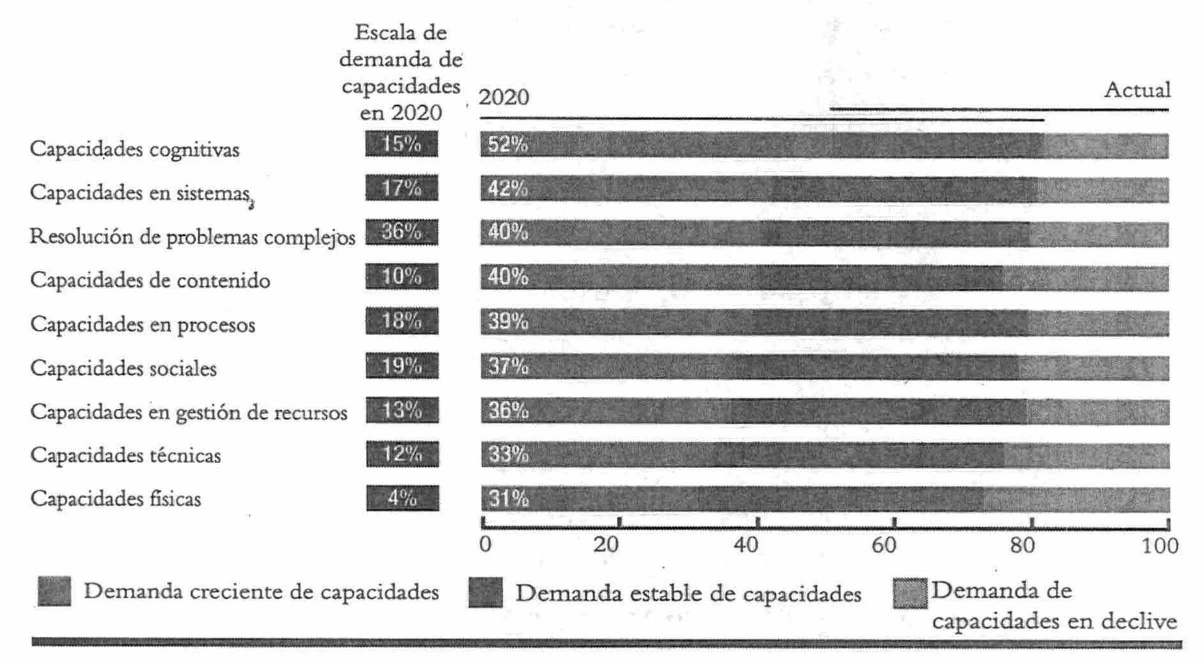
men reciente realizado por *The New York Times* mostró que, al leer dos piezas similares, es imposible decir cuál ha sido escrita por un autor humano y cuál es producto de un robot. La tecnología está avanzando tan rápido que Kristian Hammond, cofundador de Narrative Science, una empresa especializada en la automatización de la generación narrativa, prevé que a mediados de 2020 el 90 por ciento de las noticias podrían ser generadas por un algoritmo, la mayor parte de ellas sin ningún tipo de intervención humana (aparte del diseño del algoritmo, por supuesto).[24]

En dicho entorno de trabajo de evolución tan rápida, la capacidad de augurar las tendencias laborales en el futuro y las necesidades en cuanto a los conocimientos y destrezas necesarias para adaptarse se vuelve aún más crítica para todas las partes interesadas. Estas tendencias varían según la industria y la geografía, y por lo tanto es importante entender la industria y los resultados específicos para cada país de la cuarta revolución industrial.

En el *Informe sobre el futuro del empleo* del Foro, les pedimos a jefes de recursos humanos de los empleadores más grandes de hoy, en diez sectores y quince economías, imaginar el impacto en el empleo, los puestos de trabajo y las habilidades hasta el año 2020. Como muestra la figura 1, los encuestados creen que las capacidades en la solución de problemas complejos, así como las sociales y de sistemas, tendrán mucha más demanda en 2020 en comparación con las físicas o de contenido. El informe estima que los próximos cinco años son un período de transición crítico: las perspectivas de empleo general son planas, pero hay una pérdida de trabajo dentro de las industrias y una pérdida de habilidades en la mayoría de las ocupaciones. Mientras que se espera que el balance entre los salarios y el balance trabajo-vida personal mejoren levemente para la mayoría de las ocupaciones, se espera que la estabilidad laboral empeorará en la mitad de las

industrias encuestadas. También está claro que hombres y mujeres se verán afectados de forma diferente, y potencialmente se exacerbará la desigualdad de género (véase el cuadro A. Brechas de género y la cuarta revolución industrial).

FIGURA 1. Demanda de capacidades en 2020



Fuente: *Informe sobre el futuro del empleo*, Foro Económico Mundial.

Cuadro A. BRECHAS DE GÉNERO Y LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

La 10ª edición del *Informe mundial 2015 sobre la brecha de género* del Foro Económico Mundial reveló dos tendencias preocupantes. Primero, al ritmo actual de progreso, se necesitarán otros 118 años antes de alcanzar la paridad económica de género en todo el mundo. En segundo lugar, el avance hacia la paridad es notablemente lento y posiblemente se estanque.

A la luz de esto, es fundamental considerar el impacto de la cuarta revolución industrial sobre la brecha de género. El ritmo ace-

lerado del cambio en las tecnologías que abarcan los mundos físico, digital y biológico afectará al papel que las mujeres desempeñarán en la economía, la política y la sociedad?

Una pregunta importante que se debe considerar es si las profesiones predominantemente dominadas por los hombres o por las mujeres son más susceptibles a la automatización. El *Informe sobre el futuro del empleo* del Foro indica que las pérdidas de empleos significativas suelen abarcar ambos tipos. Mientras que se ha tendido a un mayor índice de desempleo debido a la automatización en sectores dominados por los hombres, tales como la fabricación, la construcción y la instalación, la capacidad creciente de la inteligencia artificial y la capacidad de digitalizar las tareas en las industrias de servicios indican que una amplia gama de puestos de trabajo están en riesgo, desde empleos en *call centers* en los mercados emergentes (la fuente de sustento para un gran número de trabajadoras femeninas jóvenes y cabezas de familia) hasta las ventas al por menor y las funciones administrativas en economías desarrolladas (un empleador clave para las mujeres de clase media-baja).

La pérdida de un empleo tiene consecuencias negativas en muchas circunstancias, pero el efecto acumulativo de pérdidas significativas en las categorías de empleos que tradicionalmente han dado acceso a las mujeres al mercado laboral es una preocupación crítica. En concreto, pondrá en peligro el ingreso de los hogares con una entrada encabezados por mujeres con bajo nivel de cualificación, deprimirá el total de ingresos en las familias con dos entradas y ampliará la ya preocupante brecha de género en el mundo.

Pero ¿qué hay acerca de las nuevas funciones y categorías de empleo? ¿Qué oportunidades podrían existir para las mujeres en un mercado de trabajo transformado por la cuarta revolución industrial? Aunque es difícil vaticinar las competencias y destrezas requeridas en industrias aún no creadas, podemos asumir razonablemente que aumentará la demanda de capacidades que permitan

a los trabajadores diseñar, construir y trabajar junto a sistemas tecnológicos o en ámbitos que llenen los vacíos dejados por tales innovaciones tecnológicas.

Dado que los hombres todavía tienden a dominar las profesiones asociadas a la ciencia de la computación, la ingeniería y las matemáticas, la creciente demanda de conocimientos técnicos especializados puede exacerbar las desigualdades de género.

Sin embargo, la demanda podría crecer en el caso de aquellos roles que las máquinas no pueden cumplir y que se basan en rasgos y capacidades intrínsecamente humanos, tales como la empatía y la compasión. Las mujeres prevalecen en muchas de estas profesiones, como psicólogas, terapeutas, *coaches*, organizadoras de eventos, enfermeras y otras proveedoras de servicios de salud.

Un asunto clave es el retorno relativo en cuanto a tiempo y esfuerzo para los roles que requieren diferentes capacidades técnicas, ya que existe el riesgo de que los servicios personales y otras categorías de trabajos en los que en la actualidad predominan las mujeres sigan siendo infravalorados. Si es así, la cuarta revolución industrial podría conducir a una mayor divergencia entre los roles de los hombres y las mujeres. Esto sería un resultado negativo de la cuarta revolución industrial al aumentar la desigualdad global y la brecha de género, lo que haría más difícil para las mujeres aprovechar sus talentos en la fuerza laboral del futuro. También pondría en riesgo el valor generado por el incremento de la diversidad y los beneficios que sabemos que las organizaciones pueden incentivar a partir de la mayor creatividad y eficiencia al tener equipos con equilibrio de género en todos los niveles. Muchos de los rasgos y capacidades asociados tradicionalmente a las mujeres y las profesiones femeninas serán mucho más necesarios en la era de la cuarta revolución industrial.

Aunque no podemos predecir los diferentes impactos sobre los hombres y las mujeres que tendrá la cuarta revolución industrial, deberíamos aprovechar la oportunidad de una economía en trance

de transformación para rediseñar las políticas laborales y las prácticas empresariales con el fin de garantizar que tanto los hombres como las mujeres tengan la capacidad de empoderarse en toda su amplitud.

En el mundo del futuro, emergerán muchos nuevos puestos y profesiones, impulsados no solo por la cuarta revolución industrial, sino también por factores no tecnológicos, como las presiones demográficas, los cambios geopolíticos y las nuevas normas sociales y culturales. Hoy en día, no podemos prever exactamente cuáles serán, pero estoy convencido de que el talento, más que el capital, representará el factor productivo crítico. Por este motivo, la escasez de mano de obra capacitada, en vez de la disponibilidad de capital, es más probable que les ponga límites a la innovación, la competitividad y el crecimiento.

Esto puede dar lugar a un mercado laboral cada vez más segregado entre empleos de poca cualificación y bajo salario, y los de alta cualificación y mayor sueldo; o, como predice el autor y empresario de software de Silicon Valley Martin Ford,[25] un hundimiento de toda la base de la pirámide de las capacidades laborales, lo cual llevaría a una creciente desigualdad y al aumento de las tensiones sociales a menos que nos preparemos para estos cambios desde hoy.

Tales presiones también nos obligan a reconsiderar lo que entendemos por «alta capacidad» en el contexto de la cuarta revolución industrial. Las definiciones tradicionales de la mano de obra cualificada dependen de la presencia de formación avanzada o especializada y un conjunto de capacidades definidas dentro de una profesión o un dominio de conocimientos. Dada la creciente velocidad del cambio tecnológico, la cuarta revolución industrial exigirá y se centrará en la capacidad de los trabajado-

res para adaptarse continuamente y aprender nuevas destrezas y enfoques dentro de una variedad de contextos.

El *Informe sobre el futuro del empleo* del Foro Económico Mundial también demostró que menos del 50 por ciento de los jefes de recursos humanos tienen un nivel de confianza razonable en la estrategia de la fuerza de trabajo de su organización con vistas a prepararse para estos cambios. Las principales barreras para un enfoque más decisivo incluyen la falta de comprensión acerca de la naturaleza de los cambios disruptivos, el poco o ningún alineamiento entre las estrategias de la fuerza de trabajo y las estrategias de innovación de las empresas, las limitaciones de recursos y las presiones para obtener una rentabilidad a corto plazo. Como consecuencia, existe un desajuste entre la magnitud de los cambios y las acciones relativamente marginales adoptadas por las empresas para abordar estos desafíos. Las organizaciones requieren una nueva mentalidad para satisfacer sus propias necesidades de talento y mitigar los resultados sociales indeseables.

Impacto en las economías en desarrollo

Es importante reflexionar sobre lo que esto podría significar para los países en desarrollo. Fases anteriores de la revolución industrial todavía no han llegado a muchos de los ciudadanos del mundo, que aún no tienen acceso a electricidad, agua potable, saneamiento y muchos tipos de bienes de capital que se dan por sentados en las economías avanzadas. A pesar de esto, la cuarta revolución industrial afectará inevitablemente a las economías en desarrollo.

Hasta ahora, el impacto exacto de la cuarta revolución industrial está por verse. En las últimas décadas, aunque ha habido un aumento de la desigualdad dentro de los países, la disparidad

entre estos ha disminuido significativamente. ¿Corre la cuarta revolución industrial el riesgo de estrechar las brechas entre las economías que hemos visto cerrarse hasta la fecha en términos de ingresos, conocimientos, infraestructuras, finanzas y otros aspectos? ¿O acaso las tecnologías y los rápidos cambios serán aprovechados para el desarrollo y para acelerar los saltos tecnológicos?

A estas preguntas de difícil respuesta se les debe prestar la atención necesaria, incluso en un momento en el cual las economías más avanzadas están preocupadas por sus propios retos. Asegurarse de que zonas enteras del globo no se queden atrás no es un imperativo moral, sino una meta crítica que mitigaría el riesgo de inestabilidad mundial debido a retos geopolíticos y de seguridad como los flujos migratorios.

Un escenario desafiante para los países de bajos ingresos es si la cuarta revolución industrial conducirá a importantes «relocalizaciones» de la fabricación global hacia las economías avanzadas, algo muy verosímil si el acceso a mano de obra de bajo costo ya no guía la competitividad de las empresas. La capacidad para desarrollar sectores manufactureros fuertes al servicio de la economía global basados en ventajas de costos es un camino bien conocido hacia el desarrollo, que permite que los países acumulen capital, se beneficien de la transferencia de tecnología y aumenten los ingresos. Si este camino se cierra, muchas naciones tendrán que repensar sus modelos y estrategias de industrialización. Si, y cómo, las economías en desarrollo pueden aprovechar las oportunidades de la cuarta revolución industrial, es un asunto de gran importancia para el mundo; es esencial investigar más y crear más pensamiento crítico para comprender, desarrollar y adaptar las estrategias necesarias.

El peligro es que la cuarta revolución industrial signifique que una dinámica de «el ganador se lo lleva todo» se produzca entre los países y dentro de ellos. Esto aumentaría aún más los conflictos

y las tensiones sociales, y crearía un mundo menos cohesionado y más volátil, sobre todo porque las personas son hoy mucho más conscientes y sensibles a las injusticias sociales y las discrepancias en cuanto a las condiciones de vida entre los diferentes países. A menos que los líderes de los sectores público y privado les aseguren a los ciudadanos que están ejecutando estrategias creíbles para mejorar la vida de todos, el malestar social, las migraciones masivas y el extremismo violento se podrían intensificar, lo cual conllevaría riesgos para los países en todas las etapas de desarrollo. Es crucial que las personas crean que pueden contar con un trabajo significativo que les permita mantenerse a sí mismas y a sus familias, pero ¿qué pasa si no hay suficiente demanda de trabajo o si las capacidades disponibles ya no coinciden con la demanda?

3.1.3. La naturaleza del trabajo

La aparición de un mundo donde el paradigma dominante del trabajo es una serie de transacciones entre un trabajador y una empresa, más que una relación duradera entre ellos, fue descrita por Daniel Pink hace quince años en su libro *Free Agent Nation*.[26] Esta tendencia se ha acelerado en gran medida por la innovación tecnológica.

Hoy, la economía bajo demanda está fundamentalmente alterando nuestra relación con el trabajo y el tejido social en el que está inserto. Cada vez más empleadores recurren a la «nube humana» para hacer las cosas. Las actividades profesionales se dividen en tareas precisas y proyectos discretos, y son entonces lanzadas a una nube virtual de aspirantes a trabajador ubicados en cualquier parte del mundo. Se trata de la nueva economía bajo demanda, en la cual los proveedores de mano de obra ya no son empleados en el sentido tradicional, sino más bien trabajadores independientes que realizan tareas específicas. Como Arun Sunda-

rarajan, profesor de la Escuela de Negocios Stern de la Universidad de Nueva York, lo expresa en una columna de *The New York Times*, escrita por el periodista Farhad Manjoo: «Podríamos terminar con un futuro en el que una parte de la fuerza de trabajo haga una amplia variedad de actividades para obtener ingresos; usted podría ser un conductor de Uber, un comprador de Instacart, un anfitrión de Airbnb y un Taskrabbit».[27]

Las ventajas en la economía digital son claras para las empresas y en especial para las *start-ups* de crecimiento rápido. Dado que las plataformas de la nube humana clasifican a los trabajadores como independientes, están —de momento— exentas del requerimiento de pagar salarios mínimos, impuestos como empleadores y prestaciones sociales. Como explica Daniel Callaghan, director ejecutivo de MBA & Company en el Reino Unido, en un artículo del *Financial Times*: «Ahora puede usted traer a quien quiera, cuando quiera, exactamente como quiera.[28] Y dado que no son empleados, no tiene que lidiar con problemas de empleo y regulaciones».

Para las personas que están en la nube, las principales ventajas residen en la libertad (de trabajar o no) y la movilidad incomparable de la que disfrutan por pertenecer a una red virtual global. Algunos trabajadores independientes ven esto como una combinación ideal entre una gran cantidad de libertad, menos estrés y mayor satisfacción en el trabajo. Aunque la nube humana está en pañales, ya hay pruebas anecdóticas sustanciales que implican una deslocalización silenciosa (silenciosa porque las plataformas de la nube humana no están registradas y no tienen que revelar sus datos).

¿Es este el comienzo de una revolución de trabajo nuevo y flexible que empoderará a cualquier individuo que tenga una conexión a internet y que eliminará la escasez de capacidades? ¿O activará el inicio de una carrera inexorable hacia abajo en un mundo de fábricas virtuales con una explotación exagerada? Si

el resultado es este último —un mundo del precariado, una clase social de trabajadores que van de tarea en tarea para satisfacer sus necesidades, mientras sufren una pérdida de derechos laborales, capacidad para negociar sus derechos y seguridad laboral—, ¿podría crear esto una potente fuente de malestar social e inestabilidad política? Por último, ¿podría el desarrollo de la nube humana simplemente acelerar la automatización del trabajo humano?

El desafío al que nos enfrentamos es idear nuevas formas de contratos sociales y de empleo que se adapten a la fuerza de trabajo cambiante y a la naturaleza cambiante del trabajo. Debemos limitar las desventajas de la nube humana en términos de posible explotación, sin reducir el crecimiento del mercado laboral ni impedir que las personas trabajen como elijan hacerlo. Si no somos capaces de conseguirlo, la cuarta revolución industrial podría llevar al lado oscuro del futuro del trabajo, que Lynda Gratton, profesora de prácticas de gestión en la Escuela de Negocios de Londres, describe en su libro *Prepárate. El futuro del trabajo ya está aquí*: niveles crecientes de fragmentación, aislamiento y exclusión en todas las sociedades.[29]

Como expongo en este libro, la elección es nuestra. Todo depende de las políticas y las decisiones institucionales que tomemos. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que podría producirse una reacción negativa legislativa, de tal modo que reafirme el poder de las autoridades en el proceso y agote las fuerzas de adaptación de un sistema complejo.

La importancia del propósito

También debemos tener en cuenta que no solo se trata de talento y capacidades. La tecnología permite una mayor eficiencia, que es lo que la mayoría de la gente desea. Sin embargo, quiere sentir que

no es meramente parte de un proceso, sino de algo más grande que ella misma. Karl Marx expresó la preocupación de que el proceso de especialización pudiera reducir el sentido de propósito que todos buscamos en el trabajo, mientras que Buckminster Fuller advirtió de que los riesgos de la hiperespecialización tienden a «cerrar las búsquedas de sintonización de banda ancha e impedir así el descubrimiento de los principios generalizados todopoderosos».[30]

Ahora, ante una combinación de aumento de la complejidad e hiperespecialización, estamos en un punto en que el deseo de compromiso útil se está convirtiendo en un problema importante. Este es, en particular, el caso de las generaciones de jóvenes que sienten a menudo que los trabajos corporativos limitan su capacidad de encontrar significado y propósito en la vida. En un mundo donde los límites desaparecen y las aspiraciones están cambiando, la gente quiere no solo un equilibrio entre trabajo y vida privada, sino también una integración armoniosa entre la vida privada y el empleo. Me preocupa que el futuro del trabajo permita que solo una minoría de individuos alcancen dicho logro.

3.2. Negocios

Más allá de los cambios en los patrones de crecimiento, los mercados laborales y el futuro del trabajo, que influirán naturalmente en todas las organizaciones, hay pruebas de que las tecnologías que sustentan la cuarta revolución industrial están teniendo un gran impacto en cómo las empresas son dirigidas, organizadas y financiadas. Un síntoma particular de este fenómeno es que la histórica reducción de la vida media de una corporación que cotiza en el S&P 500 ha descendido de aproximadamente sesenta a unos dieciocho años.[31] Otro es el cambio en el tiempo que les lleva a los nuevos actores dominar mercados y lograr hitos significativos en

materia de ingresos. Facebook tardó seis años en llegar a ingresos de 1.000 millones de dólares al año y Google, solo cinco. No hay duda de que las tecnologías emergentes, casi siempre potenciadas y habilitadas por las capacidades digitales, están aumentando la velocidad y la magnitud del cambio para las empresas.

Esto refuerza también un tema subyacente en mis conversaciones con los CEO (jefes de empresas) y altos ejecutivos globales; específicamente, que el diluvio de información disponible hoy, la velocidad de disrupción y la aceleración de la innovación son difíciles de comprender o prever. Las anteriores constituyen una fuente de constante sorpresa. En tal contexto, están en la capacidad de un líder para aprender continuamente, adaptarse y desafiar sus propios modelos conceptuales y operativos de éxito, las características que distinguirán a la próxima generación de líderes de negocios exitosos.

Por lo tanto, el primer imperativo derivado del impacto en el negocio de la cuarta revolución industrial es la urgente necesidad de mirarse a uno mismo como un líder de empresa y dentro de su propia organización. ¿Existe evidencia de la capacidad de organización y liderazgo para aprender y cambiar? ¿Hay antecedentes en cuanto a fabricación de prototipos y toma de decisiones de inversión a un ritmo rápido? ¿La cultura acepta la innovación y el fracaso? Todo lo que veo indica que la travesía solo acelerará su marcha, que los cambios serán fundamentales y que el viaje requerirá por lo tanto una mirada dura y honesta a la capacidad de las organizaciones para operar con rapidez y agilidad.

Fuentes de disrupción

Las múltiples fuentes de disrupción desencadenan formas distintas de impacto sobre los negocios. Por el lado de la oferta, muchas in-

dustrias están siendo testigos de la introducción de nuevas tecnologías que crean nuevas formas de satisfacer las necesidades existentes y de alterar significativamente las cadenas de valor existentes, algo de lo que abundan los ejemplos. Las nuevas tecnologías de almacenamiento y distribución de la energía acelerarán el cambio hacia fuentes más descentralizadas. La adopción generalizada de la impresión 3D hará que la fabricación distribuida y el mantenimiento de piezas de repuesto sean más fáciles y baratos. La inteligencia y la información en tiempo real proporcionarán perspectivas únicas sobre los clientes y el rendimiento de los activos que amplificarán otras tendencias tecnológicas.

La disrupción también proviene de los competidores ágiles e innovadores que, al acceder a plataformas digitales globales para la investigación, el desarrollo, el marketing, las ventas y la distribución, pueden sobrepasar más rápido que nunca a los protagonistas bien establecidos mediante la mejora de la calidad, la velocidad o el precio al cual entregan valor. Esta es la razón por la cual muchos empresarios consideran que la mayor amenaza son los competidores que aún no son considerados como tales. Sin embargo, sería un error pensar que la disrupción competitiva provendrá solo de las *start-ups*. La digitalización también permite a los grandes jugadores cruzar las fronteras de la industria aprovechando su cartera de clientes, su infraestructura o su tecnología. La transición de empresas de telecomunicaciones al campo de la sanidad y la automoción es un ejemplo de ello. El tamaño todavía puede ser una ventaja competitiva si se aprovecha de manera inteligente.

Los grandes cambios por el lado de la demanda también están afectando a los negocios. La transparencia creciente, la participación de los consumidores y los nuevos hábitos de consumo (que se basan cada vez más en el acceso a redes de telefonía móvil y datos) fuerzan a las compañías a adaptar la mane-

ra de diseñar, comercializar y entregar nuevos productos y servicios.

En general, percibo el impacto de la cuarta revolución industrial sobre los negocios como un inexorable cambio de la simple digitalización que caracterizó a la tercera revolución industrial hacia una forma mucho más compleja de innovación basada en la combinación de múltiples tecnologías de una forma novedosa. Esto obliga a todas las empresas a volver a examinar la manera de hacer negocios y es algo que adopta diferentes formas. Para algunas de ellas, alcanzar nuevas fronteras de valor podría consistir en desarrollar nuevos negocios en segmentos adyacentes, mientras que para otras se trata de identificar el cambio de valor en los sectores existentes.

La cuestión principal, sin embargo, sigue siendo la misma. Los líderes empresariales y los altos ejecutivos deben comprender que la disrupción afecta a la demanda y la oferta de su negocio. Esto, a su vez, debe obligarlos a desafiar los supuestos de sus equipos operativos y encontrar nuevas formas de hacer las cosas. En resumen, tienen que innovar continuamente.

Cuatro impactos importantes

La cuarta revolución industrial tiene cuatro efectos importantes sobre los negocios de todas las industrias:

- Las expectativas del cliente están cambiando;
- los productos están siendo perfeccionados por los datos, lo que mejora la productividad de los activos;
- se están formando nuevas alianzas a medida que las compañías comprenden la importancia de las nuevas formas de colaboración, y

• los modelos operativos se están transformando en nuevos modelos digitales.

3.2.1. Expectativas del consumidor

Los clientes, ya sean particulares (B2C) o empresas (B2B), están cada vez más en el centro de la economía digital, y ello tiene que ver con la forma en que se les atiende. Las expectativas del cliente se están redefiniendo hacia la experiencia. La de Apple, por ejemplo, no es solo acerca de cómo utilizamos el producto, sino sobre el embalaje, la marca, el acto de compra y el servicio al cliente. Apple está redefiniendo así las expectativas, incluida la experiencia del producto.

Los enfoques tradicionales de segmentación demográfica están dando paso a los objetivos a través de criterios digitales, en virtud de lo cual los clientes potenciales puedan ser identificados según su disposición a compartir información e interactuar. A medida que se acelera el cambio de la propiedad única a la propiedad compartida (particularmente en las ciudades), el uso compartido de datos será una parte necesaria de la propuesta de valor. Por ejemplo, los programas para compartir vehículo requieren de la integración de información personal y financiera a través de múltiples empresas en los sectores automotriz, de servicios públicos, comunicaciones y bancario.

La mayoría de las empresas dicen estar centradas en el cliente, pero tales afirmaciones serán puestas a prueba a medida que los datos en tiempo real y la analítica se apliquen a la forma de llega y atender a sus clientes. La era digital consiste en el acceso y uso de datos, refinar productos y experiencias, y trasladarse a un mundo de continuo ajuste y refinamiento mientras se garantiza que la dimensión humana de la interacción se mantiene en el centro del proceso.

Es la capacidad de recurrir a múltiples fuentes de datos —desde los personales hasta los industriales, desde los del estilo de vida hasta los conductuales— lo que ofrece puntos de vista específicos sobre el recorrido que sigue un cliente al comprar, lo cual hubiera sido inconcebible hasta hace poco. Hoy en día, los datos y la métrica ofrecen perspectivas críticas casi en tiempo real sobre las necesidades y los hábitos del cliente que impulsan las decisiones de marketing y ventas.

En la actualidad, esta tendencia a la digitalización apunta hacia una mayor transparencia, lo que significa más datos en la cadena de suministro, más datos al alcance de los consumidores y, por lo tanto, más comparaciones entre usuarios sobre la calidad de los productos, lo cual les traslada el poder a los consumidores. Por ejemplo, los sitios web de comparación de precios facilitan cotejar los precios, la calidad del servicio y el rendimiento del producto. A un clic o un deslizamiento del dedo sobre una pantalla, los consumidores pasan instantáneamente de una marca, servicio o tienda digital al siguiente. Las empresas ya no pueden eludir la responsabilidad por un producto deficiente. La reputación de marca es un premio difícil de ganar pero muy fácil de perder, algo que solo se amplificará en un mundo más transparente.

En gran medida, la generación de los *millennials* está marcando las tendencias de consumo. Ahora vivimos en un mundo caracterizado por la demanda, donde se envían 30.000 millones de mensajes diarios por WhatsApp,[32] donde el 87 por ciento de los jóvenes estadounidenses dicen que nunca se separa de su teléfono inteligente y donde el 44 por ciento utilizan la función de cámara a diario.[33] Se trata de un mundo mucho más vinculado al intercambio entre usuarios y el contenido generado por estos. Es un mundo del ahora; un mundo en tiempo real donde se proporcionan de manera instantánea las direcciones para moverse en el tráfico y donde las verduras se entregan directamente en la

puerta de tu casa. Este «mundo del ahora» obliga a las empresas a responder en tiempo real dondequiera que estén sus clientes y sean estos quienes sean.

Sería un error pensar que esto se limita a economías de altos ingresos. Tomemos como ejemplo las compras en línea en China. El 11 de noviembre de 2015, bautizado como el «día de los solteros» por el grupo Alibaba, el servicio de comercio electrónico gestionó transacciones electrónicas por más de 14.000 millones de dólares, de los cuales el 68 por ciento provino de ventas desde dispositivos móviles.[34] Otro ejemplo es el del África subsahariana, que es la región de más rápido crecimiento en cuanto a suscripciones de telefonía móvil, lo que demuestra que el internet móvil está dejando atrás el acceso fijo. La GSM Association espera que haya unos 240 millones de usuarios adicionales en el África subsahariana en los próximos cinco años.[35] Y mientras que las economías avanzadas tienen las mayores tasas de penetración de las redes sociales, Asia oriental, Asia sudoriental y América Central están por encima de la media mundial del 30 por ciento y cada vez con un crecimiento más rápido. WeChat (Weixin), un servicio chino de texto y voz a través de internet, obtuvo unos 150 millones de usuarios en tan solo doce meses hasta finales de 2015, un crecimiento anual de al menos el 39 por ciento.[36]

3.2.2. Productos con datos mejorados

Las nuevas tecnologías están transformando la forma en que las organizaciones perciben y gestionan sus activos, a medida que los productos y servicios mejoran mediante capacidades digitales que aumentan su valor. Tesla, por ejemplo, muestra cómo las actualizaciones de software inalámbricas y la conectividad se

pueden utilizar para mejorar un producto (en este caso, un vehículo) después de la compra, en lugar de que se deprecie con el tiempo.

No solo los materiales nuevos permiten activos más duraderos y resistentes, sino que los datos y la analítica también transforman la función del mantenimiento. Los análisis proporcionados por los sensores colocados en los productos permiten su constante monitoreo y mantenimiento proactivo, y al hacerlo maximizan su utilización. Ya no se trata de encontrar fallos específicos sino, más bien, de usar puntos de referencia sobre el rendimiento (basados en datos suministrados por sensores y la monitorización a través de algoritmos) que pueden detectar cuándo una pieza del equipo se sale de su pauta de funcionamiento normal. En los aviones, por ejemplo, los centros de control de la aerolínea saben antes que los pilotos si un motor está experimentando un fallo en un avión en particular, y pueden por tanto instruir al piloto sobre lo que debe hacer y movilizar el equipo de mantenimiento por adelantado en el destino del vuelo.

Además del mantenimiento, la capacidad para predecir el rendimiento de un activo permite establecer nuevos modelos de negocio. Dicho rendimiento se puede medir y monitorizar a lo largo del tiempo, pues la analítica ofrece información sobre las tolerancias de funcionamiento y proporciona la base para productos tercerizados que no son fundamentales o estratégicos para las necesidades del negocio. SAP es un ejemplo de una empresa que aprovecha los datos de productos físicos integrados en la agricultura para aumentar el tiempo de actividad y la utilización.

La capacidad para predecir el rendimiento de un activo también ofrece nuevas oportunidades a los servicios de precios. Los activos con un alto rendimiento, como los ascensores o las cintas

para caminar, pueden tener un precio según su rendimiento, y a los proveedores de servicios se les puede pagar sobre la base del rendimiento real del activo comparado con un umbral de tiempo de actividad del 99,5 por ciento durante un período determinado. Tomemos el ejemplo de las flotas de camiones. Los transportistas de larga distancia están interesados en propuestas en las que les paguen a los fabricantes de neumáticos por cada mil kilómetros de uso en carretera, en lugar de comprar neumáticos nuevos periódicamente. Esto es así porque la combinación de sensores y analítica les permite a las empresas de neumáticos supervisar el rendimiento del conductor, el consumo de combustible y el desgaste de las ruedas con el fin de ofrecer un servicio completo de principio a fin.

3.2.3. Innovación colaborativa

Un mundo de experiencias de los clientes, de servicios basados en los datos y de evaluación de los activos mediante la analítica requiere nuevas formas de colaboración, especialmente si se tiene en cuenta la velocidad a la que la innovación y la disrupción están ocurriendo. Esto es válido para los protagonistas y negocios establecidos, y también para las empresas jóvenes y dinámicas. Las establecidas a menudo carecen de capacidades específicas y tienen menor sensibilidad a la evolución de las necesidades del cliente, mientras que las jóvenes no tienen capital y carecen de la riqueza de datos generados por las operaciones maduras.

Como detalla el informe del Foro *Collaborative Innovation. Transforming Business, Driving Growth*, cuando las empresas comparten recursos a través de la innovación colaborativa, crean un valor significativo para ambas partes, así como para las economías en las que tienen lugar tales colaboraciones. Un ejemplo de ello

es la reciente colaboración entre el gigante industrial Siemens, que invierte alrededor de 4.000 millones de dólares al año en investigación y desarrollo, y Ayasdi, una empresa innovadora dedicada al aprendizaje automático y miembro del Forum Technology Pioneer, fundada en la Universidad de Stanford en 2008. Esta asociación le da a Siemens acceso a un socio que puede ayudarla a resolver retos complejos como el de sacar conclusiones de cantidades enormes de datos, mientras que Ayasdi puede validar su enfoque de análisis de datos topológicos con datos del mundo real, al tiempo que expande su presencia en el mercado.

Tales colaboraciones, sin embargo, a menudo están lejos de ser fáciles. Requieren una inversión importante por ambas partes para desarrollar una estrategia firme, buscar los socios adecuados, establecer canales de comunicación, alinear procesos y responder con flexibilidad a las condiciones cambiantes, tanto dentro como fuera de la sociedad. A veces, tales colaboraciones dan origen a modelos de negocio completamente nuevos, como los programas para compartir el automóvil en la ciudad, lo cual reúne a empresas de múltiples industrias con el fin de proporcionar al cliente una experiencia integrada. Esto es tan bueno como el eslabón más débil de la cadena de la asociación. Las empresas deben ir más allá de los acuerdos en materia de marketing y ventas para entender cómo adoptar enfoques de colaboración integrales. La cuarta revolución industrial obliga a las empresas a pensar en cómo los mundos *offline* y *online* trabajan juntos en la práctica.

3.2.4. Nuevos modelos de operación

Todos estos impactos diferentes requieren que las empresas reconsideren sus modelos de funcionamiento. En consecuencia, se está

retando la planificación estratégica por la necesidad de las empresas de operar más rápido y con mayor agilidad.

Como se mencionó anteriormente, un modelo operativo importante habilitado por los efectos de red de la digitalización es la plataforma. Mientras que la tercera revolución industrial vio la aparición de plataformas puramente digitales, un sello distintivo de la cuarta es la aparición de plataformas globales íntimamente conectadas con el mundo físico. La estrategia de la plataforma es a la vez rentable y disruptiva. La investigación de la Escuela de Gestión Sloan del MIT muestra que catorce de las treinta marcas principales según su capitalización de mercado en 2013 eran empresas orientadas hacia plataformas.[37]

Las estrategias de plataforma, combinadas con la necesidad de estar más centradas en el cliente y mejorar los productos mediante datos, están cambiando muchas industrias, desde un enfoque en la venta de productos hacia los servicios. Un número creciente de consumidores ya no compran ni poseen objetos físicos, sino que más bien pagan por la prestación del servicio subyacente al cual acceden a través de una plataforma digital. Es posible, por ejemplo, tener acceso digital a miles de millones de libros a través de la Tienda Kindle, de Amazon, escuchar casi cualquier canción en el mundo a través de Spotify o unirse a una empresa de coches compartidos que proporciona servicios de movilidad sin necesidad de poseer el vehículo. Este cambio es poderoso y permite modelos más transparentes y sostenibles de intercambio de valor en la economía. Pero también crea desafíos en cuanto a cómo definimos la propiedad, cómo seleccionamos e interactuamos con el contenido ilimitado y cómo nos relacionamos con las plataformas de cada vez mayor alcance que proporcionan estos servicios a escala.

El trabajo del Foro Económico Mundial en su iniciativa de

Transformación de la Industria Digital destaca una serie de otros negocios y modelos de funcionamiento diseñados para aprovechar la cuarta revolución industrial. El «enfoque en el cliente» mencionado anteriormente es uno de ellos, con actores como Nespresso, que centra sus esfuerzos en procesos de primera línea y empodera a sus empleados para poner al cliente en primer lugar. Los modelos de negocio frugales utilizan las oportunidades que ofrece la interacción de los campos digital, físico y humano con el fin de abrir nuevas formas de optimización, como los esfuerzos de Michelin por proporcionar servicios de alta calidad a bajo costo.

Los modelos de negocio impulsados por datos crean fuentes de ingresos a partir de su acceso a información valiosa sobre los clientes en un contexto más amplio, lo que depende cada vez más de la analítica y el software inteligente para ampliar las perspectivas. Las empresas «abiertas y líquidas» se posicionan como parte de un ecosistema fluido de creación de valor, mientras que las firmas de «skynet» se centran en la automatización, y se vuelven más dominantes en industrias y lugares peligrosos. Asimismo, hay muchos ejemplos de empresas que giran hacia modelos de negocio que se centran en emplear nuevas tecnologías para hacer un uso más eficiente de los flujos de energía y materiales, lo cual preserva los recursos, reduce los costos y tiene un impacto positivo sobre el medio ambiente (véase el cuadro B. Renovación ambiental y preservación).

Estas transformaciones significan que las empresas necesitan invertir fuertemente en sistemas de ciberdatos de seguridad para evitar la disrupción directa de delincuentes o activistas, o los fallos involuntarios en la infraestructura digital. Las estimaciones del costo total anual de las empresas en concepto de ciberataques ascienden a alrededor de los 500.000 millones de dólares. Las experiencias de compañías como Sony Pictures,

TalkTalk, Target y Barclays indican que perder el control de datos confidenciales de la empresa y el cliente tiene un efecto material negativo sobre los precios de las acciones. Esto explica por qué el Bank of America Merrill Lynch estima que el mercado de la seguridad cibernética crecerá más del doble, de cerca de 75.000 millones de dólares en 2015 a 170.000 millones de dólares en 2020, lo que implica una tasa de crecimiento anual de más del 15 por ciento para la industria en los próximos cinco años.[38]

Los modelos operativos emergentes también significan que se deben rediseñar el talento y la cultura a la luz de los nuevos requisitos en cuanto a capacitación, y la necesidad de atraer y retener al tipo adecuado de capital humano. A medida que los datos se convierten en elementos fundamentales para la toma de decisiones y los modelos de funcionamiento de las industrias, la fuerza de trabajo requiere nuevas aptitudes, mientras que los procesos necesitan ser actualizados (por ejemplo, para sacar ventaja de la disponibilidad de información en tiempo real) y las culturas deben evolucionar.

Como ya he mencionado, las empresas deben adaptarse al concepto de «talentismo», uno de los más importantes impulsores emergentes de la competitividad. En un mundo donde el talento es la forma dominante de ventaja estratégica, la naturaleza de las estructuras organizativas tendrá que reconsiderarse. Jerarquías flexibles, nuevas formas de medir y recompensar el rendimiento, y nuevas estrategias para atraer y retener el talento cualificado serán clave para el éxito organizativo. La capacidad de ser ágil será crucial en la motivación de los empleados y la comunicación, así como en las prioridades del negocio y la gestión de activos físicos.

Mi sensación es que las organizaciones exitosas se desplazarán cada vez más de estructuras jerárquicas a modelos más co-

nectados en red y colaborativos. La motivación será cada vez más intrínseca, impulsada por el deseo de colaboración de los empleados y la gestión de la destreza, la independencia y el significado. Esto sugiere que las empresas estarán cada vez más organizadas en torno a equipos distribuidos, trabajadores remotos y colectivos dinámicos, con un continuo intercambio de datos y puntos de vista sobre las cosas o tareas en las que se trabaja.

Un escenario emergente de trabajo que refleja este cambio se basa en el rápido ascenso de la tecnología «para llevar puesta» (*wearables*) cuando se combina con el internet de las cosas, que progresivamente hace que las empresas combinen experiencias digitales y físicas en beneficio de los trabajadores y los consumidores. Por ejemplo, los trabajadores que operan con equipos muy complejos o en situaciones difíciles pueden utilizar *wearables* para ayudar a diseñar y reparar componentes. Las descargas y actualizaciones de máquinas conectadas garantizan que los trabajadores de campo y el equipo que utilizan se mantengan al día con las últimas novedades. En el mundo de la cuarta revolución industrial, donde es una práctica habitual actualizar el software en la nube y actualizar los activos de datos a través de la nube, será aún más importante asegurarse de que los seres humanos y sus capacidades mantengan el ritmo.

La combinación de los mundos digital, físico y biológico

Las empresas capaces de combinar múltiples dimensiones —digital, física y biológica— a menudo son exitosas en generar una disrupción de toda una industria y sus sistemas de producción, distribución y consumo.

La popularidad de Uber en muchas ciudades se inicia con una experiencia del cliente mejorada, el seguimiento de la ubi-

cación del vehículo a través de un dispositivo móvil, una descripción de las características del automóvil y un proceso de pago sin fallos, lo cual evita retrasos. La experiencia ha sido mejorada y empaquetada con el producto físico (el transporte de una persona del punto A al B) mediante la optimización de la utilización del activo (el vehículo propiedad del conductor). En tales casos, las oportunidades digitales a menudo no se traducen en un mayor precio o un costo más bajo, sino en un cambio fundamental del modelo de negocio, algo que impulsa un enfoque de principio a fin, desde la adquisición del servicio hasta la entrega.

Estos modelos de negocio basados en la combinación ilustran la magnitud de la disrupción que se produce cuando se utilizan activos digitales y combinaciones interesantes de plataformas digitales existentes para reorganizar las relaciones con los activos físicos (lo cual marca un notable tránsito de la propiedad al acceso). En sus mercados, ninguna compañía es propietaria de los activos; un conductor posee el vehículo y lo pone a disposición de otros, un dueño de casa pone a disposición su habitación. En ambos casos, la ventaja competitiva se basa en una experiencia superior, combinada con costos reducidos de transacción y de fricción. Además, estas empresas combinan la oferta y la demanda de una manera rápida y conveniente, que avanza a la par de los modelos de negocio de las empresas dominantes.

Este enfoque de mercado erosiona progresivamente la posición dominante de los actores establecidos y desmantela las fronteras entre industrias. Muchos altos ejecutivos esperan que la convergencia de la industria sea la fuerza primaria que afecte a su negocio en los próximos tres a cinco años.[39] Una vez que un cliente ha establecido un historial de confianza y seguridad en la plataforma, al proveedor digital le resulta fácil ofrecer otros productos y servicios.

Los competidores ágiles provocan una desagregación de los silos más tradicionales de la industria y las cadenas de valor, y también desintermedian las relaciones existentes entre las empresas y sus clientes. Los nuevos disruptores pueden expandirse rápidamente a un costo mucho más bajo que los actores establecidos, lo cual genera durante el proceso un crecimiento rápido de sus beneficios gracias a los efectos de la red. La evolución de Amazon, de una tienda de libros a un conglomerado minorista que factura 100.000 millones de dólares al año, muestra cómo la lealtad del cliente, combinada con una buena comprensión de las preferencias y una sólida ejecución, puede conducir a la venta a lo largo de múltiples industrias. También demuestra los beneficios de la escala.

En casi todas las industrias, las tecnologías digitales han creado nuevas formas disruptivas de combinar productos y servicios, y durante el proceso se han disuelto las fronteras tradicionales entre las industrias. En el ámbito automovilístico, un vehículo es ahora un ordenador sobre ruedas, con una electrónica que representa aproximadamente el 40 por ciento del costo del vehículo. La decisión de Apple y Google de entrar en el mercado del automóvil muestra que una compañía de tecnología puede ahora transformarse en una empresa de dicho sector. En el futuro, cuando el valor resida en la electrónica, la tecnología y la concesión de licencias de software pueden ser estratégicamente más beneficiosas que la fabricación del vehículo en sí.

El sector financiero está pasando por un período similar de cambio disruptivo. Las plataformas de P2P (*peer-to-peer* o «usuario a usuario») están ahora desmontando las barreras de entrada y reduciendo los costos. En el negocio de la inversión, nuevos algoritmos de «consulta robotizada» y sus correspondientes aplicaciones proporcionan servicios de asesoramiento y herramientas de gestión de la cartera a una fracción del costo de la antigua tran-

sacción, del 0,5 por ciento en lugar del tradicional 2 por ciento, lo cual amenaza un segmento entero del negocio financiero actual. La industria también es consciente de que el *blockchain* pronto revolucionará la manera en que opera debido a que sus posibles aplicaciones en las finanzas tienen la oportunidad de reducir los costos de transacción y liquidación en hasta 20.000 millones de dólares y transformar el funcionamiento de la industria. La tecnología de bases de datos compartidas puede agilizar infinidad de actividades, como el almacenamiento de las cuentas de los clientes, los pagos transfronterizos y el establecimiento de intercambios comerciales, así como productos y servicios que no existen aún, como los contratos de futuros inteligentes que se autoejecutan sin un operador (por ejemplo, un derivado de crédito que pague automáticamente cuando un país o empresa decrete impago).

La industria de la sanidad también se enfrenta al desafío de incorporar simultáneamente avances en las tecnologías físicas, biológicas y digitales a medida que el desarrollo de nuevos enfoques de diagnóstico y nuevas terapias coincida con una iniciativa para digitalizar los historiales de los pacientes y capitalizar la riqueza de la información que se puede recabar desde dispositivos portátiles y tecnologías implantables.

No todas las industrias están en el mismo punto de la disrupción, pero todas están siendo empujadas por una oleada de transformación por parte de las fuerzas que impulsan la cuarta revolución industrial. Hay diferencias según la industria y el perfil demográfico de la clientela, pero en un mundo caracterizado por la incertidumbre, la capacidad para adaptarse es fundamental; si una compañía es incapaz de subirse a la ola, puede quedarse fuera de ella.

Las empresas que sobrevivan o prosperen deberán mantener y afinar continuamente su capacidad innovadora. Las empresas,

industrias y corporaciones se enfrentan a continuas presiones darwinianas y, como tal, la filosofía de «siempre en beta» (siempre en evolución) será más frecuente. Esto sugiere que el número de emprendedores e intraemprendedores (administradores de la empresa emprendedora) a escala mundial aumentará. Las pequeñas y medianas empresas tendrán las ventajas de la velocidad y la agilidad necesarias para hacer frente a la disrupción y la innovación.

Las grandes organizaciones, por el contrario, sobrevivirán aprovechando sus ventajas de escala e invirtiendo en su ecosistema de *start-ups* y pymes mediante la adquisición de empresas más pequeñas e innovadoras, o bien asociándose con ellas. Esto les permitirá mantener la autonomía en sus respectivos negocios, así como realizar operaciones más ágiles y eficientes. La reciente decisión de Google de reorganizarse en un *holding* llamado Alphabet es un buen ejemplo de esta tendencia, impulsada por la necesidad de mantener su carácter innovador y su agilidad.

Finalmente, como se detalla en el siguiente apartado, los escenarios regulativos y legislativos determinan el modo en que los investigadores, las empresas y los ciudadanos desarrollan, invierten y adoptan tanto nuevas tecnologías como los modelos operativos que les permitan crear valor para los usuarios. Mientras que las nuevas tecnologías y las empresas innovadoras ofrecen nuevos productos y servicios que pueden mejorar la vida de muchos, esas mismas tecnologías y los sistemas que las apoyan también podrían generar impactos que queremos evitar. Estos van desde el desempleo generalizado y la creciente desigualdad, comentados previamente, hasta los peligros de los sistemas automáticos de armamento y los nuevos ciberriesgos.

Dado que los puntos de vista sobre lo que constituye la combinación adecuada de una regulación pueden variar, mis conversaciones con gobiernos, líderes empresariales y miembros de la

sociedad civil indican que comparten el mismo objetivo general: crear ecosistemas de regulación y legislación ágiles y responsables, que permitan que la innovación prospere mientras minimizan los riesgos con el objeto de garantizar la estabilidad y la prosperidad de la sociedad.

Cuadro B. Renovación ambiental y preservación

La convergencia de los mundos físico, digital y biológico que se encuentra en el corazón de la cuarta revolución industrial ofrece oportunidades significativas para que el mundo alcance grandes logros en la eficiencia y el uso de los recursos. Como ha mostrado el Project MainStream, una iniciativa del Foro Económico Mundial que busca acelerar la transición a la economía circular, la promesa no es solo que los individuos, las organizaciones y los gobiernos tengan menos impacto en el mundo natural, sino que se genere un gran potencial para recuperar y regenerar nuestro entorno natural mediante el uso de tecnologías y el diseño de sistemas inteligentes.

En el corazón de esta promesa yace la oportunidad de apartar a las empresas y los consumidores del modelo lineal de «coger-hacer-desechar» en el uso de los recursos, que depende de grandes cantidades de recursos de fácil acceso, y orientarlos hacia un nuevo modelo industrial en el cual los flujos de materiales, energía, trabajo y, ahora, información interactúen entre sí y promuevan el diseño de un sistema económico reparador, regenerativo y productivo.

Existen cuatro caminos que nos ayuden a llegar allí. En primer lugar, gracias al internet de las cosas (IoT) y los activos inteligentes, ahora es posible rastrear los materiales y los flujos de energía para lograr nuevas y enormes eficiencias a lo largo de las cadenas de valor. De los 14,4 billones de dólares en beneficios

económicos que la firma Cisco estima que se generarán a partir del IoT en la próxima década, 2,7 billones de dólares se pueden obtener a partir de la eliminación de residuos y la mejora de los procesos en las cadenas de suministro y la logística. Las soluciones habilitadas por el IoT podrían reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en 9.100 millones de toneladas para 2020, que representan el 16,5 por ciento del total previsto para ese año.[40]

En segundo lugar, la democratización de la información y la transparencia derivadas de los bienes digitalizados les dan a los ciudadanos nuevos poderes para responsabilizar a las empresas y los países. Tecnologías como *blockchain* ayudarán a hacer que esta información sea más fiable, por ejemplo mediante la captura y la certificación del monitoreo de datos vía satélite sobre deforestación en un formato seguro para conseguir que los propietarios de tierras asuman mayores responsabilidades al respecto.

En tercer lugar, los nuevos flujos de información y el aumento de la transparencia pueden ayudar a un cambio a gran escala del comportamiento ciudadano a medida que se convierta en la vía sujeta a menor resistencia dentro de un nuevo conjunto de normas sociales y empresariales para lograr un sistema circular sostenible. La fructífera convergencia entre los campos de la economía y la psicología ha permitido comprender mejor cómo percibimos el mundo, nos comportamos y justificamos nuestra conducta, al tiempo que numerosos ensayos aleatorios controlados a gran escala por los gobiernos, las corporaciones y las universidades han demostrado que esto puede funcionar. Un ejemplo es OPower, que utiliza comparaciones entre usuarios para motivar a la gente a consumir menos electricidad y, por tanto, a proteger el medio ambiente y reducir costos.

En cuarto lugar, como el apartado anterior detalla, nuevos negocios y modelos de organización prometen formas innovado-

ras de crear y compartir valor, que a su vez conducen a todo un cambio en el sistema del cual el mundo natural puede beneficiarse activamente, al igual que nuestras economías y nuestras sociedades. Los vehículos que se conducen solos, el consumo colaborativo y los modelos de *leasing* dan como resultado tasas de utilización de los activos significativamente más elevadas. También resulta mucho más fácil capturar, reutilizar y «upcycle» materiales cuando llegue el momento apropiado.

La cuarta revolución industrial permitirá a las empresas ampliar el ciclo de uso de los bienes y recursos, aumentar su utilización y crear cascadas que recuperen y reutilicen los materiales y la energía para otros usos, disminuyendo las emisiones y la utilización de recursos en el proceso. En este nuevo sistema industrial revolucionario, el dióxido de carbono pasa de ser un contaminante de efecto invernadero a un activo, y la economía de la captura y almacenamiento de carbono pasa de ser un costo y un sumidero de polución a una lucrativa planta para la captura de carbono y su utilización en la producción. Aún más importante, ayudará a las empresas, los gobiernos y los ciudadanos a ser más conscientes y estar más comprometidos con las estrategias para regenerar activamente el capital natural, y permitirá usos inteligentes y regenerativos del capital natural a fin de liderar el consumo y la producción sostenibles, y dar pie a que la biodiversidad se recupere en zonas amenazadas.

3.3. Nacional y global

Los cambios disruptivos traídos por la cuarta revolución industrial están redefiniendo la forma de operar de las instituciones y organizaciones públicas. En particular, obligan a los gobiernos, en los

planos regional, nacional y local, a adaptarse, reinventarse y encontrar nuevas formas de colaboración con sus ciudadanos y el sector privado. También afectan al modo en que los países y los gobiernos se relacionan entre sí.

En este apartado analizo el papel que deben adoptar los gobiernos para dominar la cuarta revolución industrial, al tiempo que se reconocen las fuerzas perdurables que están cambiando la percepción tradicional de los políticos y su papel en la sociedad. Con la creciente participación ciudadana y una mayor fragmentación y polarización de la población, esto podría dar lugar a sistemas políticos que hacen que gobernar sea más difícil, así como a gobiernos menos eficaces. Se trata de algo particularmente importante dado que ocurre en un momento en el cual los gobiernos deben ser socios esenciales en la configuración de la transición hacia nuevos marcos científicos, tecnológicos, económicos y sociales.

3.3.1. Gobiernos

Al evaluar el impacto de la cuarta revolución industrial sobre los gobiernos, el uso de las tecnologías digitales para gobernar mejor es esencial. Un uso más intenso e innovador de las tecnologías de la Red puede ayudar a las administraciones públicas a modernizar sus estructuras y funciones para mejorar el rendimiento general, desde fortalecer los procesos del «e-gobierno» hasta fomentar una mayor transparencia, responsabilidad y compromiso entre el gobierno y sus ciudadanos. Los gobiernos también deben adaptarse al hecho de que el poder está desplazándose, del Estado a los agentes no estatales y de instituciones establecidas a redes independientes. Las nuevas tecnologías, las agrupaciones sociales y las interacciones que estas fomentan permiten que prácticamente

cualquier persona pueda ejercer influencia de una manera que habría sido inconcebible hace unos pocos años.

Los gobiernos están entre los más afectados por esta naturaleza cada vez más transitoria y evanescente del poder. Como afirma Moisés Naím: «En el siglo XXI, el poder es más fácil de conseguir, más difícil de usar y más fácil de perder».[41] Hay pocas dudas de que gobernar es más difícil hoy que en el pasado. Salvo unas pocas excepciones, las autoridades legislativas hallan más difícil efectuar un cambio. Están limitadas por los centros de poder rivales, incluyendo los transnacionales, regionales, locales e incluso el individuo. Los micropoderes son ahora capaces de limitar los macropoderes, como los gobiernos nacionales.

La era digital socavó muchas de las barreras que solían proteger a la autoridad pública, haciendo que los gobiernos fueran menos eficientes o eficaces que los gobernados o el público, que se volvió mejor informado y cada vez más exigente en sus expectativas. La saga de WikiLeaks, en la que una pequeña entidad no estatal se enfrentó a un Estado gigantesco, ilustra la asimetría del nuevo paradigma de poder y la erosión de la confianza que a menudo conlleva.

Sería preciso todo un libro dedicado al tema solo para evaluar los múltiples impactos de la cuarta revolución industrial sobre los gobiernos, pero el punto clave es este: la tecnología empoderará cada vez más a los ciudadanos y les proporcionará una nueva forma de expresar sus opiniones, coordinar sus esfuerzos y, posiblemente, eludir la supervisión gubernamental. Digo «posiblemente» porque lo contrario también podría ser cierto, debido a nuevas tecnologías de vigilancia que den origen a autoridades públicas demasiado poderosas.

Las estructuras paralelas serán capaces de transmitir ideologías, reclutar adeptos y coordinar acciones contra —o a pesar

de— los sistemas gubernamentales oficiales. Los gobiernos, en su forma actual, se verán obligados a cambiar dado que su papel central de llevar a cabo políticas disminuirá cada vez más debido a los niveles crecientes de competencia y a la redistribución y descentralización del poder que las nuevas tecnologías hacen posible. Cada vez más, los gobiernos se verán como centros de servicio público que son evaluados por sus capacidades para ofrecer el servicio extendido de una forma más eficiente e individualizada.

En última instancia, es la capacidad de los gobiernos de adaptarse la que determinará su supervivencia. Si abarcan un mundo de cambios exponencialmente disruptivos y si someten sus estructuras a los niveles de transparencia y eficiencia que puede ayudarles a mantener su ventaja competitiva, entonces sí perdurarán. Al hacerlo, sin embargo, quedarán completamente transformados en células de poder mucho más magras y más eficientes, todo ello dentro de un entorno de nuevas y competidoras estructuras de poder.

Como en anteriores revoluciones industriales, la regulación desempeñará un papel decisivo en la adaptación y difusión de las nuevas tecnologías. Sin embargo, los gobiernos se verán obligados a cambiar su enfoque a la hora de la creación, revisión y aplicación de dicha regulación. En el «viejo mundo», quienes tomaban las decisiones tenían tiempo suficiente de estudiar un tema específico y después crear la respuesta necesaria o el marco regulatorio apropiado. Todo el proceso tendía a ser lineal y mecánico, siguiendo un enfoque estricto de arriba hacia abajo. Por una serie de razones, esto ya no es posible.

Con el rápido ritmo de cambio provocado por la cuarta revolución industrial, los reguladores están siendo desafiados en un grado sin precedentes. Las autoridades políticas, legislativas y

regulatorias de hoy se ven a menudo superadas por los acontecimientos y son incapaces de lidiar con la velocidad del cambio tecnológico y la importancia de sus implicaciones. El ciclo de noticias de veinticuatro horas ejerce presión sobre los líderes para comentar o actuar de forma inmediata frente a los acontecimientos, lo cual reduce el tiempo disponible para llegar a respuestas calibradas, medidas y razonadas. Hay un peligro real de pérdida del control sobre lo que importa, sobre todo en un sistema mundial con casi doscientos estados independientes y miles de culturas y lenguas diferentes.

En tales condiciones, ¿cómo pueden los políticos y reguladores apoyar los desarrollos tecnológicos sin sofocar la innovación mientras mantienen el interés de los consumidores y el público en general? Una gestión ágil es la respuesta (véase el cuadro C. Principios de gobierno ágil en tiempos de disrupción).

Muchos de los avances tecnológicos que actualmente vemos no son correctamente tenidos en cuenta en el actual marco regulatorio y podrían incluso causar una ruptura del contrato social que los gobiernos han establecido con sus ciudadanos. Un gobierno ágil significa que los reguladores deben encontrar formas de adaptarse continuamente a un nuevo entorno de rápidos cambios y reinventarse para entender mejor lo que están regulando. Para ello, los gobiernos y los organismos reguladores necesitan colaborar estrechamente con las empresas y la sociedad civil con el fin de diseñar las transformaciones necesarias en los planos global, regional e industrial.

La gobernanza ágil no implica incertidumbre reguladora ni actividad frenética e incesante por parte de las autoridades. No deberíamos cometer el error de pensar que estamos atrapados entre dos marcos legislativos igualmente desagradables, anticuados pero estables, por un lado, o actualizados pero volátiles por

otro. En la era de la cuarta revolución industrial, lo que se necesita no es necesariamente más legislación o que esta sea más rápida, sino más bien un ecosistema regulatorio y legislativo que pueda producir estructuras más resistentes. Este enfoque podría mejorarse mediante la creación de un espacio de mayor sosiego que permita reflexionar sobre las decisiones importantes. El reto es hacer de esta deliberación algo mucho más productivo de lo que lo es hoy en día e incluir la previsión para crear el máximo espacio para la innovación.

En resumen, en un mundo donde las funciones públicas esenciales, la comunicación social y la información personal migran a plataformas digitales, los gobiernos, en colaboración con la sociedad civil y las empresas, necesitan crear las reglas, los controles y los equilibrios necesarios para mantener la justicia, la competitividad, la equidad e incluso la propiedad intelectual, la seguridad y la fiabilidad.

Existen dos enfoques conceptuales. En el primero, todo lo que no está explícitamente prohibido está permitido. En el segundo, todo lo que no está explícitamente permitido está prohibido.

Los gobiernos deben combinar estos enfoques. Tienen que aprender a colaborar y adaptarse al tiempo que garantizan que el ser humano se mantenga en el centro de todas las decisiones. Este es el reto para los gobiernos, lo cual nunca ha sido tan necesario como en esta cuarta revolución industrial; deben permitir que la innovación prospere mientras se minimizan los riesgos.

Para lograrlo, los gobiernos deberán involucrar más eficazmente a los ciudadanos y realizar experimentos políticos que permitan el aprendizaje y la adaptación. Ambas tareas significan que los gobiernos y los ciudadanos por igual deben repensar sus respectivas funciones y cómo interactúan entre

sí, elevando al mismo tiempo las expectativas y reconociendo explícitamente la necesidad de incorporar múltiples perspectivas y permitir que se produzcan fallos y errores en el camino.

Cuadro C. PRINCIPIOS DE GOBIERNO ÁGIL EN TIEMPOS DE DISRUPCIÓN

Mercado laboral

Las tecnologías digitales y la infraestructura de comunicación global cambian significativamente los conceptos tradicionales de «trabajo» y «remuneración», lo que permite la aparición de nuevos tipos de empleos que son extremadamente flexibles e inherentemente temporales (la llamada «economía bajo demanda»). Mientras que estos nuevos puestos de trabajo permiten que las personas disfruten de horas de trabajo más flexibles y puedan desatar una nueva oleada de innovación en el mercado laboral, también generan una preocupación importante en relación con el menor grado de protección en el contexto de la economía bajo demanda, en la que cada trabajador se convierte esencialmente en un contratista, que no se beneficia de la seguridad en el empleo ni de la longevidad.

Dinero e impuestos

La economía bajo demanda también está generando problemas graves con respecto a la recaudación de impuestos, ya que se vuelve mucho más fácil y atractivo para los trabajadores transitorios operar en el mercado negro. Mientras que los sistemas de pago digitales vuelven más transparentes las transacciones y las microtransacciones, emergen nuevos sistemas de pago descentralizados, que podrían obstaculizar significativamente la capacidad de las autori-

dades públicas y los actores privados para rastrear el origen y el destino de tales transacciones.

Responsabilidad y protección

Durante mucho tiempo, los monopolios de índole estatal (por ejemplo, el sector del taxi, los médicos) han sido justificados con el argumento de que ciertos tipos de profesión de alto riesgo requieren un mayor grado de escrutinio y deben llevarlas a cabo únicamente profesionales con licencia para garantizar un grado adecuado de seguridad y protección al consumidor. Muchos de estos monopolios se están ahora viendo interrumpidos por avances tecnológicos que permiten a las personas interactuar entre sí de igual a igual y por la aparición de nuevos intermediarios a cargo de la coordinación de sus pares y de facilitar sus interacciones.

Privacidad y seguridad de los datos

A pesar del carácter transnacional de la red de internet y la creciente economía global, los derechos sobre los datos y la normativa de protección de datos están todavía muy fragmentados. Las normas alrededor de la recolección, el procesamiento y la venta de datos personales están bien definidas en Europa, pero son todavía débiles o totalmente insuficientes en muchas otras jurisdicciones. La agregación de grandes conjuntos de datos hace posible que los grandes operadores en línea deduzcan más información que la que fue en verdad proporcionada (implícita o explícitamente) por los usuarios. Los perfiles de usuario a través del análisis de *Big Data* y las técnicas de inferencia están abriendo el camino para nuevos servicios, mucho más personalizados y hechos a medida, lo cual puede beneficiar a los usuarios y consumidores, pero que plantea importantes preocupaciones en cuanto a la privacidad del usuario y la autonomía individual. Debido a la creciente preocupación en torno al cibercrimen y el

robo de identidad, en muchas jurisdicciones el equilibrio entre la vigilancia y la libertad se está volcando rápidamente hacia un mayor monitoreo, como muestran las revelaciones que hizo Edward Snowden, el analista de inteligencia estadounidense que filtró los documentos relativos a las operaciones de seguridad nacional de Estados Unidos.

Disponibilidad e inclusión

Como la economía mundial ingresa cada vez más en el ámbito digital, la disponibilidad de una infraestructura de internet fiable se convierte en un requisito previo fundamental para una economía floreciente. Los gobiernos deben comprender el potencial de estos avances tecnológicos. No solo necesitan adoptar estas tecnologías para optimizar sus operaciones internas, sino que también deben promover y apoyar su implantación y uso generalizados para avanzar hacia una sociedad de la información conectada a nivel mundial. La cuestión de la exclusión digital (o brecha digital) se torna cada vez más urgente, ya que es más difícil para la gente participar en la economía digital y las nuevas formas de participación cívica sin un acceso adecuado a internet o a un dispositivo conectado ni un conocimiento suficiente para utilizar dicho dispositivo.

Asimetrías de poder

En la sociedad de la información de hoy en día, las asimetrías de información podrían dar lugar a significativos desequilibrios de poder, dado que quien tiene el conocimiento para utilizar la tecnología también tiene el poder para hacerlo. Una entidad con acceso de superusuario es casi omnipotente. Dada la complejidad de captar completamente los tecnicismos subyacentes y potenciales de las tecnologías modernas, sin embargo, pueden surgir desigualdades crecientes entre los individuos conocedores de la tecnología, que en-

tienden y controlan estas tecnologías, y aquellos menos informados, que son usuarios pasivos de una tecnología que no entienden.

Fuente: «A Call for Agile Governance Principles in an Age of Disruption», Consejo de la Agenda Global sobre el Software y la Sociedad, Foro Económico Mundial, noviembre de 2015.

3.3.2. Países, regiones y ciudades

Dado que la tecnología digital no conoce fronteras, hay muchas preguntas que vienen a la mente cuando se considera el impacto geográfico de la tecnología y el impacto de la geografía en la tecnología. ¿Qué definirá los roles que juegan los países, las regiones y las ciudades en la cuarta revolución industrial? ¿Europa occidental y Estados Unidos liderarán la transformación, como lo hicieron en las anteriores revoluciones industriales? ¿Qué países serán capaces de dar el salto? ¿Habrá una mayor y más eficaz colaboración para la mejora de la sociedad, o veremos una mayor fragmentación no solo dentro de los países sino también entre ellos? ¿En un mundo donde los productos y servicios se pueden producir casi en todas partes y donde gran parte de la demanda de trabajo de baja cualificación y bajos salarios es superada por la automatización, serán aquellos que pueden permitírselo los que se congregarán en países con instituciones fuertes y una probada calidad de vida?

Regulación que permite la innovación

Al tratar de responder a estas preguntas, una cosa está clara y es de gran importancia: los países y las regiones que tengan éxito en establecer las normas internacionales preferidas del mañana en las

principales categorías y campos de la nueva economía digital (las comunicaciones 5G, el uso de drones comerciales, el internet de las cosas, la salud digital, la manufactura avanzada y así sucesivamente) obtendrán considerables beneficios económicos y financieros. En cambio, los países que promueven sus propias normas y reglas para dar ventajas a sus productores nacionales, al tiempo que bloquean a competidores extranjeros y reducen las regalías que las empresas nacionales pagan por las tecnologías extranjeras, se arriesgan a quedar aislados de las normas mundiales, lo cual deja a estas naciones en riesgo de quedar rezagadas respecto de la nueva economía digital.[42]

Como se ha mencionado anteriormente, la amplia cuestión de la legislación y la conformidad a nivel nacional o regional desempeñará un papel determinante en la conformación del ecosistema en el que operan las compañías disruptivas. Esto a veces conduce a los países a medir fuerzas con otros. Un buen ejemplo de ello es la decisión tomada en octubre de 2015 por el Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE) para invalidar el acuerdo de puerto seguro que guiaba el flujo de datos de carácter personal entre Estados Unidos y la Unión Europea. Esto está destinado a aumentar los costos de cumplimiento en los que las empresas incurren al hacer negocios en Europa y se ha convertido en un contencioso transatlántico.

Este ejemplo refuerza la creciente importancia de los ecosistemas de innovación como un factor clave de la competitividad. De cara al futuro, la distinción entre países de alto y bajo costo, o entre mercados emergentes y maduros, importará menos. En cambio, la pregunta clave será si una economía puede innovar.

Hoy, por ejemplo, las empresas norteamericanas siguen siendo las más innovadoras del mundo desde casi cualquier punto de vista. Atraen el mejor talento, obtienen el mayor número de patentes, tienen el control sobre la mayoría del capital de riesgo del mundo

y, cuando cotizan en bolsa, disfrutan de una alta valoración corporativa. Esto se ve reforzado por el hecho de que América del Norte se mantiene a la vanguardia de cuatro revoluciones en el campo de la tecnología sinérgica: la innovación de tecnologías de combustibles en la producción de energía, la fabricación digital y avanzada, las ciencias biológicas y la tecnología de la información.

Y aunque América del Norte y la Unión Europea, que incluyen algunas de las economías más innovadoras, lideran el camino, otras partes del mundo están poniéndose rápidamente al día. Las estimaciones acerca de los resultados de la innovación de China, por ejemplo, han aumentado hasta el 49 por ciento del nivel de la Unión Europea en 2015 (frente al 35 por ciento en 2006) a medida que el país cambiaba su modelo económico para centrarse en la innovación y los servicios.[43] Incluso teniendo en cuenta que el progreso de China proviene de un nivel relativamente bajo, el país está entrando continuamente en segmentos de mayor valor añadido de la producción global y emplea sus importantes economías de escala para competir mejor en el plano mundial.[44]

En general, esto demuestra que las decisiones políticas determinan en última instancia si un país o una región pueden aprovechar plenamente las oportunidades que ofrece la revolución tecnológica.

Las regiones y ciudades como centros de innovación

Estoy particularmente preocupado por el efecto que la automatización tendrá en algunos países y regiones, sobre todo en los mercados de rápido crecimiento y los países en desarrollo, donde podría erosionar de manera abrupta la ventaja comparativa de la que disfrutan en la producción de bienes y servicios mediante una mano de obra intensiva. Tal escenario podría devastar las

economías de algunos países y regiones que actualmente están prosperando.

Está claro que ni los países ni las regiones pueden prosperar si sus ciudades (ecosistemas de innovación) no se nutren continuamente. Las urbes han sido el motor del crecimiento económico, la prosperidad y el progreso social a lo largo de la historia, y serán esenciales para la competitividad futura de las naciones y regiones. Hoy, más de la mitad de la población mundial vive en zonas urbanas, que van desde las metrópolis de tamaño mediano hasta las megaciudades, y el número de habitantes urbanos en todo el mundo sigue aumentando. Muchos factores que afectan a la competitividad de las naciones y regiones, desde la innovación y la educación hasta la infraestructura y la administración pública, están dentro del ámbito de las ciudades.

La velocidad y la amplitud en virtud de las cuales estas absorben y despliegan la tecnología, apoyada en un marco de políticas ágiles, determinarán su capacidad para competir en cómo atraer el talento. Poseer una banda ancha superrápida o implantar las tecnologías digitales en materia de transporte, consumo de energía, reciclaje, etc. ayuda a construir una ciudad más eficiente, habitable y, por ende, más atractiva que otras.

Por lo tanto, es fundamental que las urbes y los países centren su atención en garantizar el acceso y el uso de las tecnologías de la información y la comunicación, de las cuales la cuarta revolución industrial depende en gran medida. Lamentablemente, como señala el *Informe global 2015 sobre tecnologías de la información* del Foro Económico Mundial, las infraestructuras de las TIC no son tan frecuentes ni su difusión es tan rápida como muchos creen. «La mitad de la población mundial no tiene teléfonos móviles y 450 millones de personas aún viven fuera del alcance de una señal móvil. Alrededor del 90 por ciento de la población de los países de bajos ingresos y más del 60 por ciento

a nivel mundial aún no está en línea. Por último, la mayoría de los teléfonos móviles son de una generación vieja.»[45]

Los gobiernos deben, pues, centrarse en reducir la brecha digital en todas las etapas de desarrollo para garantizar que dichas metrópolis y naciones tengan la infraestructura básica necesaria para crear oportunidades económicas y prosperidad compartida, algo que es posible mediante nuevos modelos de colaboración, eficiencia y emprendimiento.

La labor del Foro Económico Mundial sobre el desarrollo basado en datos destaca que no es tan solo el acceso a la infraestructura digital lo que importa para aprovechar estas oportunidades. También es fundamental abordar el «déficit de datos» en muchos países, particularmente en el sur del planeta, dadas las limitaciones sobre cómo se pueden crear, recoger, transmitir y utilizar los datos. Cerrar las cuatro «brechas» que contribuyen a este déficit —existencia, acceso, gobernanza y usabilidad— les brinda a los países, las regiones y las ciudades muchas capacidades adicionales que pueden impulsar su desarrollo, como el seguimiento de los brotes de enfermedades infecciosas, responder mejor ante los desastres naturales, progresar en el acceso a los servicios públicos y financieros para los pobres, y entender las pautas de migración de las poblaciones vulnerables.[46]

Los países, las regiones y las ciudades pueden hacer más que simplemente cambiar el entorno regulatorio; pueden invertir activamente en convertirse en plataformas de lanzamiento para la transformación digital, con el fin de atraer y animar a emprendedores e inversores en iniciativas innovadoras al tiempo que también se garantiza que los negocios establecidos se orienten hacia las oportunidades que brinda la cuarta revolución industrial.

A medida que las firmas jóvenes y dinámicas, así como las empresas establecidas, se conectan entre sí y con los ciudadanos y las universidades, las ciudades se convierten tanto en sitios

de experimentación como en poderosos centros para convertir nuevas ideas en valor real para las economías locales y globales.

Según la fundación para la innovación Nesta, del Reino Unido, las cinco ciudades que en el plano global se ubican mejor en términos de tener el ambiente más eficaz para impulsar la innovación son Nueva York, Londres, Helsinki, Barcelona y Amsterdam.[47] El estudio de Nesta demuestra que estas metrópolis fueron especialmente exitosas en encontrar maneras creativas de efectuar el cambio fuera de la arena formal de las políticas, con un espíritu abierto por naturaleza y actuando más como empresarias que como burócratas. Estos tres criterios dan lugar a ejemplos de «mejor en su clase» que vemos en la actualidad en todo el mundo, y que son igualmente aplicables a ciudades en mercados emergentes y países en vías de desarrollo. Medellín, en Colombia, fue honrada como «ciudad del año» en 2013, pues le reconocieron su enfoque innovador hacia la movilidad y la sostenibilidad ambiental, superando a los otros finalistas, Nueva York y Tel Aviv.[48]

En octubre de 2015, el Consejo para la Agenda Global del Foro Económico Mundial sobre el Futuro de las Ciudades publicó un informe que destacaba los casos de urbes del planeta que buscan soluciones innovadoras para una serie de problemas (véase el cuadro D. Innovaciones urbanas).[49] Este trabajo indica que la cuarta revolución industrial es única, ya que es una red global de metrópolis inteligentes (basadas en la red), clústeres de países y regiones, que entienden y aprovechan las oportunidades de esta revolución —de arriba abajo y de abajo arriba— que actúa desde una perspectiva holística e integrada.

Cuadro D. INNOVACIONES URBANAS

Espacio digitalmente reprogramable: Los edificios tendrán la capacidad de transformarse de manera instantánea para servir como teatro, gimnasio, centro social, discoteca o lo que sea, lo cual minimizará la huella urbana en general. Esto les permitiría a las ciudades obtener más a partir de menos.

«*Waternet*»: El internet de las tuberías, empleará sensores en el sistema de agua para controlar los flujos y administrar todo el ciclo, y suministrará cantidades sostenibles de agua para las necesidades humanas y ecológicas.

Adopción de un árbol a través de las redes sociales: Los estudios demuestran que, cada vez con mayor frecuencia, las zonas verdes de una ciudad podrían compensar en un 10 por ciento el aumento de la temperatura causado por el cambio climático; la vegetación ayuda a bloquear la radiación de onda corta mientras evapora el agua, enfría el aire del ambiente y crea microclimas más confortables. Los sistemas de árboles y raíces también pueden reducir los flujos de agua de tormenta y equilibrar las cargas de nutrientes.

La próxima generación de movilidad: Mediante avances en sensores, óptica y procesadores incorporados, una mayor seguridad para los peatones y el transporte no motorizado conducirá a una mayor adopción del transporte público, menor congestión y contaminación, mejor salud, y trayectos más rápidos, más predecibles y menos costosos.

Cogeneración, cocalefacción y correfrigeración: Los sistemas mecánicos de cogeneración ya capturan y utilizan el exceso de calor y mejoran significativamente la eficiencia energética. Los sistemas de trigeneración usan el calor para calentar los edificios o enfriarlos mediante la tecnología de refrigeradores de absorción, por ejemplo la refrigeración de complejos de oficinas que albergan gran número de equipos informáticos.

Movilidad bajo demanda: La digitalización está haciendo que el tráfico rodado sea más eficiente, y permite obtener información en tiempo real y realizar un monitoreo sin precedentes de la infraestructura de la movilidad urbana. Esto abre un nuevo potencial para el aprovechamiento de la capacidad no utilizada de los vehículos mediante algoritmos de optimización dinámica.

Postes inteligentes: La nueva generación de alumbrado tipo LED puede actuar como una plataforma para una multitud de tecnologías de sensores que recogen datos sobre el clima, la contaminación, la actividad sísmica, el movimiento del tráfico, la gente y el ruido, y la contaminación atmosférica. Si se unen estos postes inteligentes en una red, es posible percibir lo que está sucediendo en toda una ciudad en tiempo real y proporcionar soluciones innovadoras en ámbitos como la seguridad pública o identificar dónde hay espacios de estacionamiento gratuito.

Fuente: «Top Ten Urban Innovations», Consejo para la Agenda Global sobre el Futuro de las Ciudades, Foro Económico Mundial, octubre de 2015.

3.3.3. Seguridad internacional

La cuarta revolución industrial tendrá un profundo impacto en la naturaleza de las relaciones del Estado y la seguridad internacional. Dedico especial atención a este tema en este apartado ya que considero que, de todas las transformaciones importantes vinculadas a la cuarta revolución industrial, la seguridad es una insuficientemente discutida en el dominio público y en los sectores fuera de los gobiernos y la industria de la defensa.

El peligro crítico es que un mundo hiperconectado con una desigualdad en aumento pueda llevar a incrementar la fragmentación, la segregación y el malestar social, que a su vez crean las

condiciones para el extremismo violento. La cuarta revolución industrial va a cambiar el carácter de las amenazas a la seguridad al tiempo que influirá en los cambios de poder, que se producen tanto geográficamente como de los agentes del Estado a los agentes no estatales. Ante el auge de actores no estatales armados dentro de lo que ya se considera un paisaje geopolítico cada vez más complejo, la perspectiva de establecer una plataforma común para la colaboración alrededor de los retos clave de seguridad internacional se torna crítica y, a todas luces, exigente.

Conectividad, fragmentación y malestar social

Vivimos en un mundo hiperconectado donde la información, las ideas y las personas están viajando más rápido que nunca. También vivimos en un entorno de creciente desigualdad, un fenómeno agravado por los cambios masivos en el mercado laboral que he descrito anteriormente. La creciente exclusión social, el reto de encontrar fuentes de significado fiables en el mundo moderno y el desencanto respecto de las élites y las estructuras establecidas, percibidas o reales, han motivado movimientos extremistas y les ha permitido reclutar personas para una lucha violenta contra los sistemas existentes (véase el cuadro E. Movilidad y la cuarta revolución industrial).

La hiperconectividad no viene, naturalmente, junto con una mayor tolerancia o adaptabilidad, como se ve en las reacciones a los trágicos desplazamientos humanos, que alcanzaron un máximo histórico en el año 2015. No obstante, la propia hiperconectividad también contiene el potencial para alcanzar un terreno común basado en una mayor aceptación y comprensión de las diferencias, lo cual ayudaría a unir a las comunidades en lugar de separarlas. Si no seguimos avanzando en esta direc-

ción, sin embargo, la alternativa es que ello lleve a aumentar la fragmentación.

Cuadro E. MOVILIDAD Y LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

El movimiento de personas en todo el mundo es un fenómeno significativo y un gran impulsador de la riqueza. ¿Cómo impactará la cuarta revolución industrial en la movilidad humana? Podría ser demasiado pronto para decirlo, pero si extrapolamos las tendencias actuales cabe decir que la movilidad desempeñará un papel cada vez más importante en la sociedad y la economía del futuro, más que hoy en día:

Lograr las aspiraciones vitales: Corresponde a un aumento de la conciencia sobre los acontecimientos y las oportunidades en otros países gracias a la creciente conectividad; la movilidad es vista cada vez más como una opción de vida para ejercerla en algún momento, especialmente por los jóvenes. Aunque las motivaciones individuales varían enormemente (la búsqueda de trabajo, el deseo de estudiar, la necesidad de protección, el anhelo de reunir a la familia, etcétera), hay una mayor disposición a buscar soluciones en el horizonte.

Redefinir las identidades individuales: Los individuos solían identificar sus vidas más de cerca con un lugar, una etnia, una cultura en particular o incluso un idioma. El advenimiento de la participación en línea y una mayor exposición a las ideas de otras culturas significan que las identidades son ahora más fungibles que antes. Las personas se sienten ahora mucho más cómodas manteniendo y gestionando identidades múltiples.

Redefinir la identidad familiar: Gracias a la combinación de los patrones históricos de migración y la conectividad de bajo costo,

las estructuras familiares se están redefiniendo. Sin estar limitadas por el espacio, a menudo se extienden por todo el mundo mediante un constante diálogo cercano reforzado por medios digitales. Cada vez más, la unidad familiar tradicional está siendo reemplazada por la red familiar transnacional.

Reconfigurar los mercados laborales: La movilidad de los trabajadores tiene el potencial de transformar los mercados de trabajo nacionales para bien o para mal. Por un lado, los trabajadores de los países en desarrollo constituyen un grupo de recursos humanos, con múltiples niveles de cualificación, que pueden atender las necesidades del mercado de trabajo insatisfechas en el mundo desarrollado. La movilidad del talento es un factor impulsor de la creatividad, la innovación industrial y la eficiencia en el trabajo. Por otro lado, la inyección de mano de obra inmigrante en los mercados nacionales, si no se gestiona eficazmente, puede producir distorsiones salariales y malestar social en las naciones anfitrionas al privar a los países de origen de un valioso capital humano.

La revolución digital creó nuevas oportunidades para la comunicación y la «movilidad», que complementó y mejoró la movilidad física. Es probable que la cuarta revolución industrial tenga un efecto similar, al tiempo que la fusión de los mundos físico, digital y biológico trascenderá aún más las limitaciones de tiempo y espacio de tal manera que se fomentará la movilidad. Uno de los desafíos de la cuarta revolución industrial será la gestión de la movilidad humana para garantizar que se obtengan todos sus beneficios mediante la alineación de los derechos y deberes soberanos con los derechos y las aspiraciones individuales, la conciliación de la seguridad nacional y humana, así como la búsqueda de maneras de mantener la armonía social mientras aumenta la diversidad.

Fuente: Consejo para la Agenda Global sobre la Migración, Foro Económico Mundial.

La naturaleza cambiante del conflicto

La cuarta revolución industrial afectará a la magnitud y la índole de los conflictos. Las distinciones entre guerra y paz, y entre quién es un combatiente y no lo es, se están desdibujando de manera incómoda. Del mismo modo, el campo de batalla es cada vez más tanto local como global. Organizaciones como el Da'esh, o ISIS, operan principalmente en zonas definidas de Oriente Próximo, pero también reclutan combatientes de más de cien países, en gran parte a través de las redes sociales, mientras que ataques terroristas relacionados pueden ocurrir en cualquier lugar del planeta. Los conflictos modernos son cada vez más híbridos en cuanto a su naturaleza, y combinan técnicas bélicas tradicionales con elementos previamente asociados más que nada a actores armados no estatales. Sin embargo, dado que las tecnologías se están fusionando de formas cada vez más impredecibles, y con los estados y los actores armados no estatales aprendiendo unos de otros, la magnitud potencial del cambio aún no se aprecia ampliamente.

A medida que este proceso avanza y nuevas y mortales tecnologías se vuelven más fáciles de adquirir y de usar, está claro que la cuarta revolución industrial ofrece cada vez más a los individuos diversas maneras de dañar a otros a gran escala. Darse cuenta de esto conduce a una mayor sensación de vulnerabilidad.

Pero no todo es sombrío. El acceso a la tecnología también trae consigo la posibilidad de una mayor precisión en la guerra, ropa de protección de alta tecnología para el combate, la capacidad de imprimir piezas de repuesto esenciales u otros componentes en el campo de batalla, y así sucesivamente.

Guerra cibernética

La guerra cibernética presenta una de las amenazas más serias de nuestro tiempo. El ciberespacio se está convirtiendo en un sitio de enfrentamiento tanto como la tierra, el mar y el aire lo eran en el pasado. Con seguridad, puedo postular que, mientras que cualquier futuro conflicto entre actores razonablemente avanzados podría o no desplegarse en el mundo físico, probablemente incluirá una ciberdimensión, simplemente porque ningún oponente moderno se resistiría a la tentación de alterar, confundir o destruir los sensores, las comunicaciones y la capacidad de toma de decisiones de su enemigo.

Esto no solo reducirá el umbral de la guerra, sino que difuminará la distinción entre la guerra y la paz, porque cualquier red o dispositivo conectado, desde sistemas militares hasta infraestructuras civiles, como fuentes de energía, redes eléctricas, hospitales, controles de tráfico o suministros de agua, puede ser *hackeado* y atacado. Como resultado, el concepto de «adversario» también se ve afectado. Al contrario que en el pasado, es posible que usted no esté seguro de quién lo está atacando, y ni siquiera de si usted ha sido atacado para empezar. Los estrategas de defensa, militares y de seguridad nacional se centraban en un número limitado de estados tradicionalmente hostiles; ahora deben tener en cuenta un universo casi infinito e indistinto de piratas informáticos, terroristas, activistas, delincuentes y otros posibles enemigos. La guerra cibernética puede adoptar muchas formas, desde actos delictivos y espionaje hasta ataques destructivos como los de Stuxnet, que sigue siendo en gran parte subestimado e incomprendido porque es demasiado nuevo y difícil de contrarrestar.

Desde 2008, ha habido muchos casos de ataques cibernéticos dirigidos a ciertos países y empresas, pero las discusiones acerca de esta nueva era de la guerra están aún en sus albores y

la brecha entre aquellos que entienden las cuestiones altamente técnicas de una guerra cibernética y aquellos que desarrollan las ciberpolíticas es cada día más grande. Si un conjunto de normas compartidas evoluciona para la guerra cibernética, análogas a las desarrolladas para las armas nucleares, biológicas y químicas, sigue siendo una incógnita. Incluso nos falta una taxonomía para ponernos de acuerdo en lo que equivale a un ataque y su respuesta correcta, y con qué y por parte de quién. Una fracción de la ecuación para gestionar esta situación es definir qué datos viajan a través de las fronteras. Esto es un indicio de hasta qué punto hay que controlar con eficacia las transacciones cibernéticas sin disminuir los resultados positivos de un mundo más interconectado.

Guerra autónoma

La guerra autónoma, incluido el despliegue de robots militares y armamento automatizado accionado por inteligencia artificial, crea la posibilidad de una «guerra robotizada», que desempeñará un papel transformador en futuros conflictos.

El fondo del mar y el espacio también son propensos a militarizarse cada vez más, a medida que más y más actores —estatales y comerciales— obtienen la capacidad de enviar satélites y movilizar vehículos submarinos no tripulados capaces de afectar a los cables de fibra óptica y el tráfico vía satélite. Las bandas criminales ya están utilizando drones de cuatro hélices para espiar y atacar rivales. Armas autónomas, aptas para identificar objetivos y decidir abrir fuego sin intervención humana, serán cada vez más factibles, desafiando las leyes de la guerra.

Cuadro F. Tecnologías emergentes que transforman la seguridad internacional

Drones: Son, esencialmente, robots voladores. En la actualidad, Estados Unidos lidera este campo, pero la tecnología se está difundiendo ampliamente y es cada vez más asequible.

Armas autónomas: La combinación de la tecnología de los drones con la inteligencia artificial tiene el potencial de seleccionar y atacar objetivos sin intervención humana, según criterios previamente definidos.

Militarización del espacio: Aunque más de la mitad de todos los satélites son comerciales, estos dispositivos de comunicaciones orbitales son cada vez más importantes para propósitos militares. Una nueva generación de armas planeadoras hipersónicas está también a punto de entrar en este dominio, aumentando la probabilidad de que el espacio desempeñe un papel importante en futuros conflictos, lo cual suscita la preocupación de que los actuales mecanismos para regular las actividades espaciales ya no sean suficientes.

Dispositivos portátiles (*wearables*): Pueden optimizar la salud y el rendimiento en condiciones de estrés extremo o producir exoesqueletos que mejoren el rendimiento de los soldados, lo cual permite que un ser humano lleve sin dificultad cargas de alrededor de noventa kilos.

Manufactura aditiva: Revolucionará las cadenas de suministro, pues permitirá fabricar piezas de recambio in situ a partir de diseños transmitidos digitalmente y con materiales disponibles localmente. También facilitaría el desarrollo de nuevos tipos de ojiva, con un mayor control del tamaño de las partículas y la detonación.

Energía renovable: Permite generar energía localmente, lo cual revolucionará las cadenas de suministro y aumentará la capacidad de imprimir piezas bajo demanda, incluso en lugares remotos.

Nanotecnología: Lo «nano» está llevando progresivamente hacia los metamateriales, es decir, materiales inteligentes que poseen propiedades que no tienen de forma natural. Hará que las armas sean más ligeras, móviles, inteligentes y precisas, y en última instancia dará por resultado sistemas que pueden autorreplicarse y ensamblarse.

Armas biológicas: La historia de la guerra biológica es casi tan antigua como la de la guerra en sí, pero los rápidos avances en biotecnología, genética y genómica son los heraldos de nuevas armas altamente letales. El diseño de virus que viajan por el aire, la ingeniería de superbacterias, las plagas genéticamente modificadas, etc. forman la base de potenciales escenarios apocalípticos.

Armas bioquímicas: Como en el caso de las armas biológicas, la innovación tecnológica hace que el ensamblaje de estas armas sea casi tan fácil como hacer una tarea de bricolaje. Los drones podrían emplearse para entregar armas.

Redes sociales: Aunque los canales digitales proporcionan oportunidades para difundir información y organizar acciones para buenas causas, también pueden utilizarse para difundir contenido malicioso y propaganda y, como hace el ISIS, ser empleados por los grupos extremistas para reclutar y movilizar seguidores. Los adultos jóvenes son especialmente vulnerables, sobre todo si carecen de una red de apoyo social estable.

Muchas de las tecnologías descritas en el cuadro F, ya existen. Por ejemplo, los robots SGR-A1 de Samsung, equipados con dos ametralladoras y una pistola con balas de goma, forman ahora parte de los puestos fronterizos en la zona desmilitarizada entre las dos Coreas. De momento, son controlados por operadores humanos, pero podrían, una vez programados, identificar y atacar por su cuenta objetivos humanos.

El año pasado, el Ministerio de Defensa británico y BAE Systems anunciaron que se probó con éxito el avión «fantasma» Taranis, conocido también como Raptor, que puede despegar, volar a un destino determinado y encontrar un blanco previamente fijado con poca intervención de su operador a menos que ello se requiera. Hay muchos ejemplos como este.[50] Se multiplicarán y, en el proceso, plantearán preguntas críticas en la intersección de la geopolítica, la estrategia y la táctica militares, la normativa y la ética.

Nuevas fronteras de la seguridad global

Como se ha destacado varias veces en este libro, tenemos solo una comprensión limitada del máximo potencial de las nuevas tecnologías y de lo que vendrá en el futuro. Es también el caso de la seguridad nacional e internacional. Para cada innovación que podamos imaginar, habrá una aplicación positiva y un posible lado oscuro. Si bien neurotecnologías como la neuroprótesis ya se usan para resolver problemas médicos, después se podrían aplicar con fines militares. Sistemas informáticos implantados en el tejido cerebral podrían permitirle a un paciente paralizado controlar una pierna o un brazo robótico. La misma tecnología se podría utilizar para dirigir un piloto biónico o un soldado. Dispositivos para el cerebro diseñados para tratar los síntomas de la enfermedad de Alzheimer podrían implantarse en soldados para borrar recuerdos o crear otros. «No se trata de si los actores no estatales utilizarán algún tipo de técnicas o tecnologías neurocientíficas, sino de cuándo y cuáles van a utilizar —reconoce James Giordano, neuroético del Centro Médico de la Universidad de Georgetown—. El cerebro es el próximo campo de batalla.»[51]

La disponibilidad y, en ocasiones, la naturaleza no regulada de muchas de estas innovaciones tienen una implicación más

importante. Las tendencias actuales sugieren una rápida y masiva democratización de la capacidad de infligir daño a una escala muy grande, algo circunscrito previamente a los gobiernos y las organizaciones muy sofisticadas. Desde armas impresas en 3D hasta ingeniería genética en laboratorios caseros, las herramientas destructivas en toda una serie de tecnologías emergentes se consiguen cada vez con mayor facilidad. Y con la fusión de tecnologías, un tema clave de este libro, afloran de manera inherente dinámicas impredecibles que desafían los marcos jurídicos y éticos.

Hacia un mundo más seguro

Ante estos desafíos, ¿cómo persuadimos a las personas de que se tomen en serio las amenazas a la seguridad de las tecnologías emergentes? Más importante aún, ¿podemos alentar la cooperación entre los sectores público y privado a una escala global para atenuar estas amenazas?

Durante la segunda mitad del siglo pasado, el miedo a la guerra nuclear dio gradualmente paso a la estabilidad relativa de la «destrucción mutua asegurada» (MAD, por sus siglas en inglés), y parece haber surgido un tabú nuclear.

Si la lógica de la MAD ha funcionado hasta ahora, es porque solo un número limitado de entidades poseían el poder de destruirse por completo unas a otras y entre sí se equilibraban. Una proliferación de actores potencialmente letales, sin embargo, podría socavar este equilibrio, por lo cual los estados nucleares acordaron cooperar para mantener un club nuclear con unas dimensiones reducidas y negociaron el Tratado de No Proliferación Nuclear (TNP, por sus siglas en inglés) a finales de los años sesenta.

Dado que no estaban de acuerdo con la mayoría de los demás

temas, la Unión Soviética y Estados Unidos entendieron que su mejor protección consistía en permanecer vulnerable ante el otro. Esto condujo al Tratado sobre Misiles Antibalísticos (ABMT), que, en efecto, limitaba el derecho a adoptar medidas defensivas contra los misiles provistos de armas nucleares. Cuando la capacidad destructiva ya no se reduce a un puñado de entidades con recursos, tácticas e intereses básicamente similares destinados a prevenir la escalada, las doctrinas como la MAD se vuelven menos relevantes.

Motivados por los cambios anunciados por la cuarta revolución industrial, ¿podríamos descubrir algún equilibrio alternativo que convierta de manera análoga la vulnerabilidad en estabilidad y seguridad? Los actores con intereses y perspectivas muy diferentes deben ser capaces de encontrar algún tipo de *modus vivendi* y cooperar con el fin de evitar la proliferación negativa.

Los interesados deben cooperar para crear marcos jurídicos vinculantes, así como normas autoimpuestas de común acuerdo, estándares éticos y mecanismos a fin de controlar las tecnologías emergentes potencialmente dañinas, preferiblemente sin obstaculizar la capacidad de investigación para garantizar la innovación y el crecimiento económico.

Seguramente se necesitarán tratados internacionales, pero me preocupa que los reguladores en este campo acaben rezagados respecto de los avances tecnológicos debido a su velocidad e impacto multifacético. Por lo tanto, es necesario que las conversaciones entre educadores y desarrolladores acerca de los estándares éticos se apliquen con urgencia a las tecnologías emergentes de la cuarta revolución industrial para establecer directrices éticas comunes e incorporarlas en la sociedad y la cultura. Con los gobiernos y las estructuras de gobierno quedándose atrás en el espacio regulatorio, el sector privado y los actores no estatales podrían en verdad tomar la iniciativa.

El desarrollo de las nuevas tecnologías bélicas tiene lugar, comprensiblemente, en una esfera relativamente aislada. Una preocupación que tengo, sin embargo, es el potencial repliegue de otros sectores, como la medicina y la investigación basadas en la genética, a círculos aislados con un alto nivel de especialización que disminuirían nuestra capacidad colectiva para analizar, comprender y administrar los retos y las oportunidades.

3.4. Sociedad

El avance científico, la comercialización y la difusión de la innovación son procesos sociales que se despliegan a medida que las personas desarrollan e intercambian ideas, valores, intereses y normas sociales en una serie de contextos. Esto hace que sea difícil discernir todo el impacto social de los nuevos sistemas tecnológicos; hay muchos componentes entrelazados que conforman nuestras sociedades y numerosas innovaciones que son, de alguna manera, coproducidas por ellos.

El gran reto para la mayoría de las sociedades será cómo absorber y adaptarse a la nueva modernidad mientras siguen acogiendo los aspectos que nutren nuestros sistemas de valores tradicionales. La cuarta revolución industrial, que pone a prueba muchos de nuestros supuestos fundamentales, podría exacerbar las tensiones existentes entre las sociedades profundamente religiosas que defienden sus valores elementales y aquellas cuyas creencias son moldeadas por una cosmovisión más secular. El mayor peligro para la cooperación y la estabilidad global podría provenir de grupos radicales que luchen contra el progreso con una violencia extrema y motivados por su ideología.

Como señala el sociólogo Manuel Castells, profesor de tecnología de la comunicación y sociedad de la Escuela Annenberg

de Comunicación y Periodismo de la Universidad del Sur de California: «En todos los momentos de grandes cambios tecnológicos, las personas, las empresas y las instituciones sienten la profundidad del cambio, pero a menudo se sienten abrumandas por tales cambios por la pura ignorancia acerca de sus efectos».[52] Estar abrumados a causa de la ignorancia es precisamente lo que debemos evitar, sobre todo cuando se trata de cómo las numerosas y diversas comunidades que conforman la sociedad moderna se crean, se desarrollan y se relacionan entre sí.

El anterior análisis sobre los diferentes impactos de la cuarta revolución industrial en la economía, los negocios, la geopolítica y la seguridad internacional, las regiones y las ciudades ha dejado claro que la nueva revolución tecnológica tendrá múltiples influencias en la sociedad. En el siguiente apartado exploraré dos de los más importantes impulsores del cambio: cómo el potencial aumento de la desigualdad ejerce presión sobre la clase media y cómo la integración de los medios digitales está cambiando la manera en que las comunidades se forman y se relacionan entre sí.

3.4.1. Desigualdad y clase media

El análisis sobre los impactos económicos y empresariales destaca una serie de cambios estructurales diferentes que han contribuido al aumento de la desigualdad hasta la fecha, y que pueden exacerbarse a medida que se despliegue la cuarta revolución industrial. Los robots y los algoritmos sustituyen cada vez más capital por trabajo, mientras que invertir (o, más precisamente, crear un negocio en la economía digital) requiere de menos capital. Los mercados laborales, entretanto, se están decantando por una serie limitada de capacidades técnicas, a la vez que las plataformas digitales conecta-

das a escala mundial y los mercados conceden recompensas descomunales a un pequeño número de «estrellas». Conforme se verifiquen todas estas tendencias, los ganadores serán aquellos capaces de participar plenamente en los ecosistemas basados en la innovación, al proporcionar nuevas ideas, modelos de negocio, productos y servicios, en vez de quienes ofrezcan solo mano de obra poco cualificada o capital corriente.

Estas dinámicas explican por qué a la tecnología se la considera una de las razones principales del estancamiento e incluso la disminución de los ingresos de la mayoría de la población en países de altos ingresos. Hoy día el mundo es, en verdad, muy desigual. Según el *Informe sobre la Riqueza Mundial 2015* de Credit Suisse, la mitad de todos los activos de todo el planeta están controlados por el 1 por ciento de ricos, mientras que «la mitad inferior de la población posee en conjunto menos del 1 por ciento de la riqueza mundial».[53] La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) informa de que la renta media del 10 por ciento más rico de la población en los países de la OCDE es aproximadamente nueve veces superior que la del 10 por ciento más pobre.[54] Además, la desigualdad en la mayoría de los países está aumentando, incluso en aquellos que han experimentado un rápido crecimiento en todos los grupos de renta y fuertes caídas en el número de personas que viven en la pobreza. El índice de Gini de China, por ejemplo, pasó de aproximadamente 30 en la década de 1980 a más de 45 hacia 2010.[55]

El aumento de la desigualdad es más que un fenómeno económico que genera preocupación; es un gran desafío para las sociedades. En su libro *The Spirit Level. Why Greater Equality Makes Societies Stronger*, los epidemiólogos británicos Richard Wilkinson y Kate Pickett presentan datos que indican que las sociedades desiguales tienden a ser más violentas, tienen un número mayor de personas en prisión, experimentan mayores niveles de enfer-

medades mentales y obesidad, y cuentan con una menor esperanza de vida y con bajos niveles de confianza. El corolario, según los autores, es que, después de controlar los ingresos medios, las sociedades más igualitarias presentan mayores niveles de bienestar infantil, menores índices de estrés y consumo de drogas, y una mortalidad infantil más baja.[56] Otros investigadores han encontrado que los niveles más altos de desigualdad acentúan la segregación y reducen los resultados académicos de los niños y adultos jóvenes.[57]

Aunque los datos empíricos son menos concluyentes, también existen temores generalizados sobre que los niveles más altos de desigualdad conducen a mayores niveles de malestar social. Entre los 29 riesgos y las 13 tendencias globales identificados en el *Informe de riesgos globales 2016* del foro, las interconexiones más fuertes se producen entre la disparidad de ingresos, el desempleo o el subempleo crecientes y la profunda inestabilidad social. Como se trata en detalle más abajo, un mundo de mayor conectividad y expectativas puede generar riesgos sociales significativos si las poblaciones sienten que no tienen ninguna posibilidad de alcanzar cierto nivel de prosperidad o de propósito en sus vidas.

Hoy, un trabajo de clase media ya no garantiza un estilo de vida de clase media, y en los últimos veinte años los cuatro atributos tradicionales del estatus de la clase media (educación, salud, pensiones y vivienda propia) se han comportado peor que la inflación. En Estados Unidos y el Reino Unido, la educación se considera hoy un lujo. Una economía de mercado en la que el ganador se lo lleva todo, a la cual la clase media tiene un acceso cada vez más limitado, podría derivar en el malestar democrático y la negligencia que agravan los retos sociales.

3.4.2. Comunidad

Desde un amplio punto de vista social, uno de los efectos más relevantes (y más observables) de la digitalización es el surgimiento de la sociedad «centrada en el yo», un proceso de individualización y aparición de nuevas formas de pertenencia y comunidad. Al contrario de lo que sucedía en el pasado, la noción de «pertenencia» a una comunidad se define hoy más por intereses, valores individuales y proyectos personales que por el espacio (la comunidad), el trabajo y la familia.

Las nuevas formas de medios digitales, que constituyen un componente esencial de la cuarta revolución industrial, impulsan cada vez más nuestra estructura individual y colectiva de sociedad y comunidad. Como el Foro analiza en su informe sobre medios digitales y sociedad (*Digital Media and Society*), conectan de una manera completamente nueva a las personas a escala tanto individual como colectiva, lo cual les permite a los usuarios mantener amistades a lo largo del tiempo y a distancia, crear nuevos grupos de interés y permitir que aquellos que están social o físicamente aislados se conecten con personas de ideas afines. La alta disponibilidad, los bajos costos y los aspectos geográficamente neutrales de los medios digitales también permiten una mayor interacción a través de las fronteras sociales, económicas, culturales, políticas, religiosas e ideológicas.

El acceso a los medios digitales en línea genera importantes beneficios para muchos. Más allá de su papel a la hora de suministrar información (por ejemplo, los refugiados que huyen de Siria utilizan Google Maps y grupos de Facebook no solo para planificar rutas de viaje, sino para evitar ser explotados por traficantes de personas),[58] ofrecen oportunidades para que las personas tengan voz y participen en debates cívicos y la toma de decisiones.

Desafortunadamente, al tiempo que la cuarta revolución industrial empodera a los ciudadanos, también puede ser utilizada para actuar en contra de sus intereses. El *Informe sobre riesgos globales 2016* del Foro describe el fenómeno del «ciudadano (des)empoderado», por el que los individuos y las comunidades son empoderados y excluidos al mismo tiempo por el uso de tecnologías emergentes por parte de gobiernos, empresas y grupos de interés (véase el cuadro G. El ciudadano desempoderado).

El poder democrático de los medios digitales significa que también puede ser utilizado por actores no estatales, en particular por comunidades con intenciones aviesas, para difundir propaganda y movilizar seguidores a favor de causas extremistas, como se ha visto recientemente con el auge del Da'esh y otras organizaciones terroristas expertas en redes sociales.

Existe el peligro de que la dinámica de intercambio que caracteriza a las redes sociales pueda sesgar la toma de decisiones y poner en riesgo a la sociedad civil. De manera contraintuitiva, el hecho de que haya tantos medios de comunicación disponibles a través de los canales digitales puede significar que las fuentes de noticias de una persona se vean reducidas y polarizadas en lo que el psicólogo clínico del MIT Sherry Turkle, profesor de estudios sociales de la ciencia y la tecnología, llama una «espiral de silencio». Esto es importante porque lo que leemos, compartimos y vemos en el contexto de las redes sociales da forma a nuestras decisiones políticas y cívicas.

Cuadro G. El ciudadano desempoderado

El término «ciudadano (des)empoderado» describe la nueva dinámica de la interacción de dos tendencias: una, el empoderamiento; la otra, el desempoderamiento. Los individuos se sienten empode-

rados por los cambios en la tecnología, que les facilitan recabar información, comunicarse y organizarse; además, están experimentando nuevas formas de participar en una vida cívica. Al mismo tiempo, hay individuos, grupos de la sociedad civil, movimientos sociales y comunidades locales que se sienten cada vez más excluidos de una participación significativa en los procesos de decisión tradicionales, incluidos el voto y las elecciones, y desempoderados en cuanto a su capacidad para influir y ser escuchados por parte de las instituciones dominantes y las fuentes de poder en el gobierno nacional y regional.

En el caso más extremo, hay un peligro muy real de que los gobiernos puedan emplear combinaciones de tecnologías para suprimir o perseguir acciones de las organizaciones de la sociedad civil y los grupos de individuos que busquen aumentar la transparencia alrededor de las actividades de los gobiernos y las empresas, a fin de promover el cambio. En muchos países del mundo hay pruebas de que se está reduciendo el espacio de la sociedad civil a medida que los gobiernos promueven legislación y otras políticas que limitan la independencia de grupos de la sociedad civil y restringen sus actividades. Las herramientas de la cuarta revolución industrial permiten nuevas formas de vigilancia y otros medios de control que van en contra de las sociedades saludables y abiertas.

Fuente: *Informe sobre riesgos globales 2016*, Foro Económico Mundial.

Por ejemplo, un estudio del impacto de los mensajes en Facebook para conseguir votos reveló que «aumentó la participación en unos 60.000 votantes e indirectamente, a través del contagio social, en otros 280.000 electores, hasta alcanzar un total de 340.000 votos adicionales».[59] Esta investigación destaca el poder que tienen las plataformas de los medios digitales para se-

leccionar y promocionar los medios que consumimos en línea. También indica el potencial de las tecnologías en línea para que las formas tradicionales de participación cívica (por ejemplo, votar por representantes locales, regionales o nacionales) se mezclen con formas innovadoras de dar a los ciudadanos una mayor influencia directa sobre las decisiones que afectan a sus comunidades.

Como en el caso de casi todos los impactos que se abordan en este apartado, resulta claro que la cuarta revolución industrial trae consigo grandes oportunidades al tiempo que plantea riesgos significativos. Una de las tareas clave que afronta el mundo a medida que esta revolución se desarrolla es cómo reunir más y mejores datos sobre los beneficios y retos para lograr la cohesión de la comunidad.

3.5. El individuo

La cuarta revolución industrial no solo está cambiando lo que hacemos, sino quiénes somos. El impacto que tendrá en nosotros como individuos será múltiple, y afectará a nuestra identidad y sus múltiples facetas relacionadas, como nuestro sentido de la privacidad, nuestras ideas acerca de la propiedad, nuestros hábitos de consumo, el tiempo que dedicamos al trabajo y al ocio, y cómo desarrollamos nuestras carreras y cultivamos nuestras destrezas. Influirá en cómo conocemos gente y alimentamos las relaciones, las jerarquías de las que dependemos y nuestra salud, y, quizá más pronto de lo que pensamos, podría dar lugar a formas de un engrandecimiento humano que haga que cuestionemos la naturaleza misma de la existencia humana. Estos cambios provocan excitación y miedo a medida que avanzamos a una velocidad sin precedentes.

Hasta ahora, la tecnología nos ha permitido principalmente

hacer las cosas de manera más fácil, rápida y eficiente. También nos ha proporcionado oportunidades para el desarrollo personal. Pero estamos empezando a ver que hay mucho más en juego. Por las razones ya mencionadas, estamos en el umbral de un cambio sistémico radical que requiere que los seres humanos se adapten continuamente. Como resultado de ello, podríamos ser testigos de un creciente grado de polarización en el mundo, marcado por aquellos que aceptan el cambio frente a aquellos que se resisten a él.

Esto da lugar a una desigualdad que va más allá de la inequidad social descrita anteriormente. Esta desigualdad ontológica separará a quienes se adapten de aquellos que se resistan, es decir, a los ganadores y perdedores materiales en todo el sentido de la palabra. Los primeros pueden beneficiarse incluso de algún tipo de mejora humana radical generada por ciertos segmentos de la cuarta revolución industrial (como la ingeniería genética), de la cual se verán privados los perdedores. Ello puede crear conflictos de clase y otros enfrentamientos como nunca hemos visto antes. Esta división potencial y las tensiones que provoca se agravarán a causa de una brecha generacional causada por quienes solo han conocido y crecido en un mundo digital frente a aquellos que no y deban adaptarse. Esto también suscita muchas cuestiones éticas.

Como ingeniero, soy un gran entusiasta de la tecnología y la adopté desde un buen principio. No obstante, me pregunto, como muchos psicólogos y científicos sociales, cómo la inexorable integración de la tecnología en nuestras vidas afectará a nuestra noción de identidad y si podrían disminuir algunas de nuestras capacidades humanas por excelencia, como la autorreflexión, la empatía y la compasión.

3.5.1. Identidad, moral y ética

Las sorprendentes innovaciones provocadas por la cuarta revolución industrial, desde la biotecnología hasta la inteligencia artificial, están redefiniendo lo que significa ser humano. Están empujando los umbrales actuales de la longevidad, la salud, la cognición y las capacidades de un modo que antes estaba reservado a la ciencia ficción. A medida que progresan el conocimiento y los descubrimientos en estos campos, nuestra voluntad y compromiso de mantener debates éticos y morales son fundamentales. Como seres humanos y animales sociales, tendremos que pensar individual y colectivamente sobre cómo responder a cuestiones como la prolongación de la vida, los bebés de diseño, la extracción de memoria y muchas más.

Al mismo tiempo, debemos darnos cuenta de que estos descubrimientos increíbles también podrían ser manipulados para servir a intereses particulares y no necesariamente a los del público en general. Como el físico teórico y divulgador Stephen Hawking y sus colegas Stuart Russell, Max Tegmark y Frank Wilczek escribieron en el periódico *The Independent* al considerar las implicaciones de la inteligencia artificial: «Mientras que el impacto de la inteligencia artificial a corto plazo depende de quién la controle, el efecto a largo plazo depende de si se puede controlar del todo [...] Todos debemos preguntarnos qué podemos hacer ahora para mejorar las posibilidades de aprovechar los beneficios y evitar los riesgos».[60]

Un desarrollo interesante en este ámbito es OpenAI, una empresa de investigación de IA sin ánimo de lucro presentada en diciembre de 2015 con el objetivo de «avanzar en el campo de la inteligencia digital de la forma en que sea más probable que beneficie a la humanidad en su conjunto, sin restricciones por la necesidad de generar beneficios económicos».[61] La iniciativa —presidida por Sam Altman, presidente de Y Combina-

tor, y Elon Musk, consejero delegado de Tesla Motors— ya se ha garantizado la recepción de fondos por valor de 1.000 millones de dólares. Esta iniciativa subraya un punto clave que ya se había formulado, a saber, que uno de los mayores impactos de la cuarta revolución industrial es el potencial de empoderamiento catalizado por una fusión de nuevas tecnologías. En relación con esto, como dijo Sam Altman, «la mejor manera en que la inteligencia artificial se puede desarrollar es que tenga por objetivo empoderar a las personas y volverlas mejores seres humanos, así como ponerla sin costo a disposición de todo el mundo».[62]

El impacto humano de algunas tecnologías particulares como internet o los teléfonos inteligentes se entiende relativamente bien y es ampliamente debatido entre los expertos y académicos. Otros impactos son mucho más difíciles de comprender, como es el caso de la inteligencia artificial o la biología sintética. Podríamos ver bebés diseñados en un futuro próximo, junto con toda una serie de otras enmiendas a nuestra condición humana, desde la erradicación de enfermedades genéticas hasta el aumento de la cognición humana. Estas suscitarán algunas de las preguntas éticas y espirituales más grandes a las que nos enfrentemos como seres humanos (véase el cuadro H. En el límite ético).

Cuadro H. En el límite ético

Los avances tecnológicos nos están empujando a nuevas fronteras de la ética. ¿Debemos usar los asombrosos avances en biología solo para curar la enfermedad y tratar lesiones, o también debemos volvernos mejores seres humanos? Si aceptamos esto último, corremos el riesgo de convertir la paternidad en una extensión de la sociedad de consumo, en cuyo caso, ¿podrían nuestros hijos ser convertidos en objetos de nuestro deseo al ser fabricados por encargo? ¿Y qué

significa ser «mejor»?, ¿estar libres de enfermedades?, ¿vivir más tiempo?, ¿ser más inteligentes?, ¿correr más rápido?, ¿tener cierto aspecto?

Nos enfrentamos a preguntas igualmente complejas y al límite en el caso de la inteligencia artificial. Consideremos la posibilidad de máquinas que vayan un paso por delante de nosotros a la hora de razonar e incluso que piensen mejor que nosotros. Amazon y Netflix ya poseen algoritmos que predicen las películas y los libros que podríamos desear ver y leer. Los sitios de citas y búsqueda de empleo sugieren las parejas y los puestos de trabajo —en nuestro barrio o en cualquier parte del mundo— que sus sistemas creen que mejor se ajustan a nosotros. ¿Qué hacemos? ¿Confiar en el asesoramiento prestado por un algoritmo o en el que ofrecen familiares, amigos o colegas? ¿Consultamos a un médico robot controlado por inteligencia artificial con una tasa de éxito en el diagnóstico casi perfecta o nos quedamos con nuestro médico humano de toda la vida y sus consejos de confianza?

Cuando consideramos estos ejemplos y sus implicaciones para los seres humanos, nos adentramos en territorio desconocido, es decir, en los albores de una transformación humana diferente de cualquier cosa que hayamos experimentado.

Otro tema importante tiene que ver con el poder predictivo de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático. Si nuestro comportamiento en cualquier situación se vuelve predecible, ¿cuánta libertad personal tendríamos o sentiríamos al diferir de la predicción?; ¿podría este desarrollo llevar tal vez a una situación en la cual los mismos seres humanos comiencen a actuar como robots? Esto también conduce a una cuestión más filosófica: ¿cómo mantenemos nuestra individualidad, la fuente de nuestra diversidad y la democracia en la era digital?

3.5.2. Conexión humana

Como sugieren las cuestiones éticas planteadas anteriormente, cuanto más digital y de alta tecnología se vuelva el mundo, mayor será la necesidad de seguir sintiendo el contacto humano, alimentado por las relaciones estrechas y las conexiones sociales. Existe la creciente preocupación de que, a medida que la cuarta revolución industrial profundice nuestras relaciones individuales y colectivas con la tecnología, se puedan ver negativamente afectadas nuestras habilidades sociales y la capacidad de empatizar. Vemos que ello ya está sucediendo. Un estudio de 2010 realizado por un equipo de investigación de la Universidad de Michigan halló una caída del 40 por ciento en la empatía entre estudiantes universitarios (en comparación con sus homólogos de hace veinte o treinta años), con la mayor parte de dicha reducción después de 2000.[63]

Según Sherry Turkle, del MIT, el 44 por ciento de los adolescentes jamás se desconectan, ni siquiera mientras practican deportes o cenan con la familia o los amigos. Dado que las conversaciones cara a cara han sido desplazadas por las interacciones en línea, existe el temor de que una generación entera de jóvenes consumidos por las redes sociales tenga dificultades al escuchar, establecer contacto visual o leer el lenguaje corporal.[64]

Nuestra relación con las tecnologías móviles es un ejemplo de ello. El hecho de que siempre estemos conectados podría privarnos de uno de nuestros activos más importantes: el tiempo para hacer una pausa, reflexionar y entablar una conversación que no sea superficial, sin ayuda de la tecnología ni de las redes sociales como intermediarios. Turkle cita estudios que muestran que, cuando dos personas están hablando, la mera presencia de un teléfono sobre la mesa o en su campo de visión periférica cambia el tema de conversación y su grado de conexión.[65] Esto

no significa que debamos renunciar a nuestros teléfonos, sino que los podemos utilizar «con mayor intención».

Otros expertos expresan preocupaciones similares. El escritor sobre temas de tecnología y cultura Nicholas Carr afirma que, cuanto más tiempo pasemos inmersos en las aguas digitales, más superficiales serán nuestras capacidades cognitivas debido a que dejamos de ejercer un control sobre nuestra atención: «La Red es por diseño un sistema de interrupción, una máquina concebida para dividir la atención. Las interrupciones frecuentes dispersan nuestros pensamientos, debilitan la memoria y nos ponen tensos y ansiosos. Cuanto más compleja es la sucesión de pensamientos, mayor es el deterioro causado por las distracciones».[66]

En 1971, Herbert Simon, que obtuvo el Premio Nobel de Economía en 1978, advirtió de que «una riqueza de información crea una pobreza de atención». Esto es mucho peor hoy, en particular para quienes toman decisiones y tienden a sobrecargarse con demasiadas cosas, sentirse agobiados y forzar la máquina, en un estado de estrés constante. «En una época de aceleración, nada puede ser más emocionante que ir lento —escribe el ensayista de viajes Pico Iyer—. En una época de distracción, nada es tan lujoso como prestar atención. Y en una época de constante movimiento, nada es tan urgente como sentarse y quedarse quieto.»[67]

Nuestro cerebro, consagrado a todos los instrumentos digitales que nos conectan las veinticuatro horas del día, está en riesgo de convertirse en una máquina de movimiento perpetuo que nos ponga en un estado de continuo frenesí. No es inusual para mí hablar con líderes que dicen que ya no tienen tiempo para hacer una pausa y reflexionar, y mucho menos para disfrutar del «lujo» de la lectura, incluso de leer un artículo corto completo. Los responsables de tomar decisiones de todos los ámbitos de la sociedad global parecen estar en un estado de creciente agota-

miento, tan desbordados por las múltiples exigencias de la competencia que acaban sumidos en la frustración, la resignación y, a veces, en la desesperación. En nuestra nueva era digital, es muy difícil retroceder, aunque no imposible.

3.5.3. Gestión de la información pública y privada

Uno de los mayores desafíos planteados por internet y, en general, por el creciente grado de interconexión, se refiere a la privacidad. Es un tema que está adquiriendo cada vez más relevancia porque, como el filósofo político de la Universidad de Harvard Michael Sandel observa, «parecemos cada vez más dispuestos a reemplazar la privacidad por la conveniencia con muchos de los dispositivos que utilizamos habitualmente».[68] Estimulado en parte por las revelaciones de Edward Snowden, el debate global sobre el significado de la intimidad en un mundo de mayor transparencia solo acaba de comenzar, dado que podemos comprobar como internet puede ser una herramienta de liberación y democratización sin precedentes y, al mismo tiempo, un acicate de la vigilancia masiva indiscriminada, de gran alcance y casi insondable.

¿Por qué la privacidad importa tanto? Todos nosotros entendemos instintivamente por qué la privacidad es tan esencial para nuestras vidas. Incluso para quienes dicen que no valoran particularmente la privacidad y que no tienen nada que ocultar, hay todo tipo de cosas que decimos y hacemos que nos podría interesar que nadie más sepa. Hay numerosas investigaciones que muestran que cuando una persona sabe que está siendo observada, su comportamiento se convierte en más conformista y obediente.

Este libro, no obstante, no es el lugar apropiado para enfrascarnos en una larga reflexión sobre el significado de la privacidad

o para responder a las preguntas sobre la propiedad de los datos. Espero de todo corazón, sin embargo, que en los próximos años se intensifique el debate sobre muchas cuestiones fundamentales, como el impacto sobre nuestra vida interior de la pérdida de control sobre nuestros datos (véase el cuadro I. El bienestar y los límites de la privacidad).

Estos temas son increíblemente complejos. Estamos empezando a hacernos una idea de sus posibles implicaciones psicológicas, morales y sociales. Por lo que a mí respecta, preveo el siguiente problema relacionado con la privacidad: cuando la vida privada se vuelva totalmente transparente, y cuando las grandes y pequeñas indiscreciones estén a disposición de todos, ¿quién tendrá el coraje de asumir las responsabilidades de liderazgo más importantes?

La cuarta revolución industrial convierte la tecnología en una parte omnipresente y predominante de nuestra vida individual, y pese a ello apenas estamos empezando a entender cómo afectará este cambio tecnológico a nuestro yo interior. En última instancia, es responsabilidad de cada uno de nosotros garantizar que la tecnología nos sirva sin esclavizarnos. En el plano colectivo, también debemos garantizar que podamos entender y analizar correctamente los desafíos que la tecnología nos depare. Solo de esta manera podemos estar seguros de que la cuarta revolución industrial mejorará, en lugar de perjudicar, nuestro bienestar.

Cuadro I. El bienestar y los límites de la privacidad

Lo que en la actualidad está sucediendo con los dispositivos portátiles para obtener bienestar proporciona un atisbo de la complejidad que reviste el asunto de la privacidad. Un número creciente de compañías de seguros están considerando hacer esta oferta a sus ase-

gurados: si usted usa un dispositivo para controlar su estado de salud (la cantidad de sueño y ejercicio, el número de pasos que da cada día, el número y tipo de calorías que ingiere, etc.) y si está de acuerdo en que se pueda enviar esta información a su proveedor de pólizas de seguro sanitario, le ofreceremos un descuento en su prima.

¿Se trata de un desarrollo que deberíamos acoger con satisfacción porque nos motiva a vivir una vida más saludable, o bien es un preocupante avance hacia una forma de vida en que la vigilancia —tanto del gobierno como de las empresas— se vuelve cada vez más invasiva? Por el momento, este ejemplo se refiere a una elección personal: la decisión de aceptar llevar puesto un dispositivo de bienestar o no.

Pero si llevamos esto más allá, supongamos que ahora es el empleador el que le exige a cada uno de sus trabajadores usar un dispositivo que remite datos de salud a la aseguradora, porque la empresa quiere mejorar la productividad y, posiblemente, disminuir sus costos en seguros sanitarios. ¿Qué pasa si la empresa obliga a los empleados renuentes a cumplir o, de lo contrario, pagar una multa? Lo que antes parecía una elección personal consciente —usar o no un dispositivo— se convierte en una cuestión de ajustarse a nuevas normas sociales que un individuo podría considerar inaceptables.

4

El camino a seguir

La cuarta revolución industrial podría llevar a la disrupción, pero los desafíos que plantea son de nuestra factura. Por lo tanto, está en nuestro poder hacerles frente y llevar a cabo los cambios y las políticas necesarios para adaptarse (y progresar) en nuestro nuevo entorno emergente.

Solo podemos enfrentarnos de manera significativa a estos desafíos si movilizamos la sabiduría colectiva de nuestras mentes, corazones y almas. Para ello, pienso que debemos adaptar, moldear y aprovechar el potencial de disrupción mediante el cultivo y la aplicación de cuatro tipos de inteligencia:

- Contextual (la mente): cómo entendemos y aplicamos nuestros conocimientos.
- Emocional (el corazón): cómo procesamos e integramos nuestros pensamientos y sentimientos, y cómo nos relacionamos con nosotros mismos y con los demás.
- Inspirada (el alma): cómo usamos un sentido de propósito individual y compartido, así como la confianza y otras virtudes para alcanzar un cambio y actuar en pro del bien común.
- Física (el cuerpo): cómo cultivamos y mantenemos nuestra salud y bienestar, así como la de aquellos que nos rodean, con el

fin de estar en condiciones de aplicar la energía necesaria para la transformación individual y de los sistemas.

Inteligencia contextual (la mente)

Los buenos líderes comprenden y dominan la inteligencia contextual.[69] Un sentido del contexto se define como la capacidad y voluntad para prever las nuevas tendencias y sacar las conclusiones apropiadas. Estas han sido las características comunes de un liderazgo eficaz a lo largo de las generaciones y, en la cuarta revolución industrial, son un requisito previo para la adaptación y la supervivencia.

Con el fin de desarrollar la inteligencia contextual, quienes toman decisiones deben primero entender el valor de las redes diversas. Solo pueden afrontar niveles significativos de disrupción si están estrechamente conectados y bien relacionados dentro de las fronteras tradicionales; deben poseer la capacidad y la disposición de participar con todos aquellos que tengan interés en este tema. De esta manera, debemos aspirar a estar más conectados y ser más incluyentes.

Solo reuniéndose y trabajando en colaboración con los líderes de las empresas, los gobiernos, la sociedad civil, la fe, la academia y la generación de jóvenes es posible obtener una perspectiva holística de lo que está sucediendo. Además, esto es fundamental para desarrollar y poner en práctica ideas y soluciones integradas que den lugar a un cambio sostenible.

Este es el principio rector de la teoría multisectorial (lo que las comunidades del Foro Económico Mundial a menudo llaman «el espíritu de Davos») que propuse por primera vez en un libro publicado en 1971.[70] Las fronteras entre los sectores y las profesiones son artificiales y están demostrando que son cada vez más contraproducentes. Más que nunca, es esencial disolver estas ba-

rreras participando del poder de las redes con el fin de establecer alianzas eficaces. Las empresas y organizaciones que no lo hagan y que no den el ejemplo mediante la formación de diversos equipos vivirán tiempos difíciles al tratar de adaptarse a la disrupción de la era digital.

Los líderes deben ser capaces de modificar sus estructuras mentales y conceptuales y sus principios de organización. En el disruptivo y rápidamente cambiante mundo actual, pensar en «silos» y tener una idea fija del futuro conduce a la fosilización, por lo que es mejor, según la dicotomía presentada por el filósofo Isaiah Berlin en su ensayo de 1953 sobre los escritores y los pensadores, ser un zorro que un erizo. Operar en un entorno cada vez más complejo y disruptivo requiere la agilidad intelectual y social del zorro en lugar del enfoque fijo y estrecho del erizo.

En términos prácticos, esto significa que los líderes no pueden permitirse pensar en contextos reducidos. Su acercamiento a los problemas, las cuestiones y los retos debe ser integral, flexible y adaptativo, e integrar continuamente muchos y diversos intereses y opiniones.

Inteligencia emocional (el corazón)

Como un complemento, mas no como un sustituto, de la inteligencia contextual, la emocional es un atributo cada vez más esencial en la cuarta revolución industrial. Así lo señala el psicólogo de gestión David Caruso, del Centro para la Inteligencia Emocional de Yale, para quien no puede considerarse lo opuesto a la inteligencia racional o «el triunfo del corazón sobre la cabeza, pues es la única intersección entre ambos».[71] En la literatura académica, a la inteligencia emocional se le atribuye que les permite a los líderes ser más innovadores y los capacita para ser agentes del cambio.

Para los líderes empresariales y políticos, la inteligencia emocional constituye la base vital de las capacidades críticas para tener éxito en la era de la cuarta revolución industrial, es decir, autoconocimiento, autorregulación, motivación, empatía y destrezas sociales.[72] Los académicos especializados en el estudio de la inteligencia emocional muestran que los grandes tomadores de decisiones se distinguen del promedio por su nivel de inteligencia emocional y su capacidad para cultivar continuamente esta cualidad.

En un mundo caracterizado por el cambio persistente e intenso, las instituciones ricas en líderes con una alta inteligencia emocional no solo serán más creativas, sino que también estarán mejor equipadas para ser más ágiles y flexibles, un rasgo esencial para hacerle frente a la disrupción. La mentalidad digital, capaz de institucionalizar la colaboración multidisciplinar, allanar las jerarquías y formar ambientes que fomenten la generación de nuevas ideas, depende profundamente de la inteligencia emocional.

Inteligencia inspirada (el alma)

Junto con las inteligencias contextual y emocional, hay un tercer componente crítico para navegar con eficacia por la cuarta revolución industrial. Es lo que yo llamo «inteligencia inspirada». El término, que deriva del latín *spirare*, «respirar», alude la continua búsqueda de significado y propósito. Se centra en alimentar el impulso creativo y elevar la humanidad a una nueva conciencia, colectiva y moral, basada en un sentimiento compartido de destino.

Compartir es la idea clave en este caso. Como he mencionado antes, si la tecnología es una de las posibles razones por las cuales estamos avanzando hacia una sociedad centrada en el yo, es una necesidad absoluta reequilibrar esta tendencia hacia un

enfoque en el yo pero con un inherente sentido de propósito común. Estamos todos juntos en esto, y existe el riesgo de ser incapaces de hacer frente a los desafíos de la cuarta revolución industrial y cosechar los beneficios de dicha revolución a menos que desarrollemos entre todos un sentido de propósito compartido.

Para lograrlo, la confianza es esencial. Un alto nivel de esta favorece la participación y el trabajo en equipo, y esto se agudiza en la cuarta revolución industrial, en que la innovación colaborativa es el núcleo. Este proceso solo puede tener lugar si se cultiva en un ambiente de seguridad mutua habida cuenta de la variedad de componentes y aspectos involucrados. En última instancia, todas las partes interesadas desempeñan un papel para garantizar que la innovación esté dirigida al bien común. Si un grupo importante de quienes tienen este mismo interés siente que ese no es el caso, la confianza se erosiona.

En un mundo donde ya nada es constante, la confianza se convierte en una de las virtudes más valiosas. Y esta solo se puede obtener y mantener si quienes toman las decisiones están integrados en una comunidad y la adopción de decisiones siempre persigue el interés común y no objetivos personales.

Inteligencia física (el cuerpo)

Las inteligencias contextual, emocional e inspirada son todas atributos esenciales para sobrellevar y aprovechar la cuarta revolución industrial. Sin embargo, requieren del apoyo vital de una cuarta forma de inteligencia, la física, que consiste en apoyar y cultivar la salud y el bienestar personal. Esto es fundamental porque, a medida que se acelera el ritmo del cambio, aumenta la complejidad y se incrementa el número de actores envueltos en nuestros procesos

de toma de decisiones, la necesidad de mantenerse en forma y conservar la calma bajo presión se torna aún más esencial.

La epigenética, un campo de la biología que ha florecido en los últimos años, es el proceso a través del cual el medio ambiente modifica la expresión de nuestros genes. Certifica de manera irrefutable la importancia del sueño, la nutrición y la actividad física en nuestras vidas. El ejercicio frecuente, por ejemplo, tiene un impacto positivo en la manera en que pensamos y sentimos. Afecta directamente a nuestro rendimiento en el trabajo y, en última instancia, a nuestra capacidad para tener éxito.

Entender y poner en práctica nuevas formas de mantener nuestro cuerpo físico en armonía con nuestra mente, nuestras emociones y el mundo en general es muy importante, y estamos aprendiendo más acerca de esto a través de los increíbles avances en numerosas áreas, que incluyen las ciencias médicas, los dispositivos portátiles, las tecnologías implantables y la investigación sobre el cerebro. Además, suelo decir que un líder requiere «buenos nervios» para abordar con eficacia los numerosos desafíos simultáneos y complejos a los que nos enfrentamos. Esto será cada vez más crítico a fin de encarar y aprovechar las oportunidades de la cuarta revolución industrial.

Hacia un nuevo renacimiento cultural

Como escribe el poeta Rainer Maria Rilke: «El futuro entra en nosotros [...] para transformarse en nosotros mucho antes de que ocurra».[73] No hay que olvidar que la época en la cual vivimos actualmente, el Antropoceno o era humana, constituye la primera vez en la historia del mundo en que las actividades del hombre son la fuerza principal en la formación de todos los sistemas de vida en la Tierra.

Y depende de nosotros.

Hoy nos encontramos al principio de la cuarta revolución industrial, mirando hacia delante y, más importante aún, en posesión de la capacidad de influir en su camino.

Saber lo que se requiere para prosperar es una cosa; actuar sobre ella es otra. ¿Adónde conduce todo esto y cómo podemos prepararnos mejor?

Voltaire, el filósofo y escritor francés de la época de la Ilustración, que vivió durante muchos años a pocos kilómetros de donde estoy escribiendo este libro, una vez dijo: «La duda es una condición incómoda, pero ciertamente es ridícula».[74] En verdad, sería ingenuo pretender que sabemos exactamente adónde llevará la cuarta revolución industrial. Pero sería igualmente ingenuo quedar paralizados por el miedo y la incertidumbre sobre cuál pueda ser esa dirección. Como he enfatizado a lo largo de este libro, el curso eventual que tome la cuarta revolución industrial estará, en última instancia, determinado por nuestra capacidad de darle una forma tal que se desencadene todo su potencial.

Claramente, los desafíos son tan enormes como convincentes son las oportunidades. Juntos, debemos trabajar para convertir estos desafíos en oportunidades de una manera adecuada y proactiva, así como prepararnos para sus efectos y repercusiones. El mundo está cambiando rápido, está hiperconectado, es cada vez más complejo y se está fragmentando paulatinamente; pero todavía podemos moldear nuestro futuro de manera tal que nos beneficie a todos. La ventana de oportunidad para hacerlo es ahora.

Como un primer y vital paso, tenemos que seguir aumentando la conciencia y generar comprensión en todos los sectores de la sociedad, lo cual es lo que este libro aspira a lograr. Debemos dejar de pensar en formas compartimentadas cuando tomamos decisiones, en particular a medida que los desafíos a los que nos enfrentamos están cada vez más interconectados. Solo

un enfoque incluyente puede generar el conocimiento necesario para abordar las numerosas cuestiones planteadas por la cuarta revolución industrial. Esto exigirá estructuras colaborativas y flexibles que reflejen la integración de los diferentes ecosistemas y que tengan en cuenta todas las partes interesadas; que reúnan a los sectores público y privado, así como a las mentes más conocedoras del mundo, de todos los orígenes.

En segundo lugar, basados en una comprensión compartida, necesitamos desarrollar narrativas positivas, comunes e integrales acerca de cómo podemos desarrollar la cuarta revolución industrial para las generaciones actuales y futuras. Aunque ignoramos el contenido exacto de estas narrativas, sí conocemos las características críticas que deben contener. Por ejemplo, deben hacer explícitos los valores y principios éticos que tienen que encarnar nuestros sistemas futuros. Los mercados son promotores eficaces de la creación de riqueza, pero debemos asegurarnos de que la ética y los valores estén en el corazón de nuestros comportamientos individuales y colectivos, y de los sistemas que alimentan. Estas narrativas también deben evolucionar progresivamente hacia mayores grados de toma de perspectiva, desde la tolerancia y el respeto hasta el cuidado y la compasión. Además, deben tender al empoderamiento y la inclusión, impulsadas por valores compartidos que las fomenten.

En tercer lugar, sobre la base de una conciencia elevada y las narrativas compartidas, debemos empezar a reestructurar nuestros sistemas económicos, sociales y políticos para aprovechar al máximo las oportunidades que se presentan. Está claro que nuestros modelos actuales de toma de decisiones y de creación de riqueza fueron diseñados y evolucionaron gradualmente a lo largo de las tres primeras revoluciones industriales. Estos, no obstante, ya no son adecuados para satisfacer las necesidades actuales y, menos aún, las de las generaciones futuras en el contex-

to de la cuarta revolución industrial. Esto, claramente, requerirá una innovación sistémica y no ajustes a pequeña escala o reformas superficiales.

Estos tres pasos muestran que no podemos llegar allí sin la cooperación y el diálogo, en los ámbitos locales, nacionales y supranacionales, y que todas las partes interesadas deben participar. Necesitamos centrarnos en acertar con respecto a las condiciones subyacentes, y no solo en los aspectos técnicos. El evolucionista Martin Nowak, profesor de matemáticas y biología de la Universidad de Harvard, nos recuerda que la cooperación es «lo único que redimirá a la humanidad».[75] Como la arquitecta principal de cuatro mil millones de años de evolución, ha sido la fuerza impulsora que nos ha permitido adaptarnos en medio de una creciente complejidad y fortalecer la cohesión política, económica y social, gracias a lo cual se logra un progreso sustancial.

Mediante una cooperación multilateral eficaz, estoy convencido de que la cuarta revolución industrial tiene el potencial de abordar (y posiblemente resolver) los grandes desafíos a los que se enfrenta el mundo en la actualidad.

Al final, se trata de personas, cultura y valores. De hecho, tenemos que trabajar mucho para asegurarnos de que todos los ciudadanos, de todas las culturas, naciones y grupos de renta, comprendan la necesidad de dominar la cuarta revolución industrial y sus desafíos para las civilizaciones.

Fomentemos un futuro que funcione para todos al poner a la gente primero, potenciándola y recordando constantemente que todas estas nuevas tecnologías son, ante todo, herramientas hechas por las personas y para las personas.

Por lo tanto, asumamos una responsabilidad colectiva por un porvenir en el cual la innovación y la tecnología se centren en la humanidad y la necesidad de servir al interés público, y garan-

ticemos que las utilicemos para que nos lleve a todos hacia un desarrollo más sostenible.

Y podemos ir aún más lejos. Creo firmemente que la nueva era de la tecnología, si se le da forma de una manera receptiva y responsable, podría catalizar un nuevo renacimiento cultural que nos permitirá sentirnos parte de algo mucho más grande que nosotros mismos: una verdadera civilización global. La cuarta revolución industrial tiene la capacidad de robotizar a la humanidad y poner en peligro nuestras fuentes tradicionales de sentido: el trabajo, la comunidad, la familia y la identidad. O podemos utilizar la cuarta revolución industrial para elevar la humanidad a una nueva conciencia colectiva y moral basada en un sentimiento de destino compartido. Nos incumbe a todos asegurarnos de que esto último sea lo que suceda.

Agradecimientos

Todos los miembros del Foro Económico Mundial somos conscientes de nuestra responsabilidad, como organización internacional para la cooperación público-privada, de servir como una plataforma global para ayudar a definir los desafíos asociados a la cuarta revolución industrial, así como del compromiso que tenemos de asistir a todas las partes interesadas a concretar las soluciones adecuadas de una manera proactiva e integral, en colaboración con nuestros socios, miembros y simpatizantes.

Por esta razón, el tema de la reunión anual del Foro en Davos-Klosters en 2016 es «Dominar la cuarta revolución industrial». Nos comprometemos a catalizar las discusiones y las alianzas constructivas alrededor de este asunto en todos nuestros desafíos, proyectos y encuentros. El Foro Anual de Nuevos Campeones celebrado en Tianjin, China, en junio de 2016, también brindará una oportunidad crítica a los líderes e innovadores en investigación, tecnología, comercialización y regulación para reunirse e intercambiar ideas sobre cómo aprovechar la cuarta revolución industrial con el mayor beneficio posible para todos. Para todas estas actividades, espero que este libro sirva como una guía, equipando a los líderes con herramientas para lidiar con las implicaciones políticas, sociales y económicas de la cuarta revo-

lución industrial, así como para comprender los avances en tecnología que les dan origen.

Este libro no habría sido posible sin el apoyo entusiasta y el compromiso de todos mis colegas del Foro Económico Mundial, a quienes les debo un agradecimiento inmenso. Quiero expresar mi gratitud particular a Nicholas Davis, Thierry Malleret y Mel Rogers, socios esenciales en la investigación y el proceso de escritura. Doy también las gracias a mis colegas y todos los equipos que han contribuido a apartados específicos del libro, en particular a Jennifer Blanke, Margareta Drzeniek-Hanouz, Silvia Magnoni y Saadia Zahidi, sobre economía y sociedad; a Jim Hagemann Snabe, Mark Spelman y Bruce Weinelt, sobre comercio e industria; a Dominic Waughray, sobre medio ambiente; a Helena Leurent, sobre los gobiernos; a Espen Barth Eide y Anja Kaspersen, sobre geopolítica y seguridad internacional, y a Olivier Oullier, sobre neurotecnología.

Escribir este libro puso al descubierto conocimientos excepcionales entre todo el personal del Foro, y les agradezco a todos los que compartieron sus ideas conmigo, tanto en línea como en persona. Aquí, en particular, les doy las gracias a los miembros del grupo de trabajo de Emerging Technologies, David Gleicher, Rigas Hadzilacos, Natalie Hatour, Fulvia Montresor y Olivier Woeffray, así como a muchos otros que pasaron tiempo pensando en profundidad sobre estos temas: Chidiogo Akunyili, Claudio Cocorocchia, Nico Daswani, Mehran Gul, Alejandra Guzmán, Mike Hanley, Lee Howell, Jeremy Jurgens, Bernice Lee, Alan Marcus, Adrian Monck, Thomas Philbeck y Philip Shetler-Jones.

Mi más profundo agradecimiento también va para todos los miembros de la comunidad del Foro que me ayudaron a darle forma a mi pensamiento acerca de la cuarta revolución industrial. Estoy particularmente agradecido a Andrew McAfee y Erik Brynjolfsson, por inspirar mis ideas sobre el impacto de la inno-

vación tecnológica y los grandes retos y oportunidades que tenemos por delante, y a Dennis Snower y Stewart Wallis, por destacar la necesidad de narrativas basadas en valores si queremos tener éxito en el aprovechamiento de la cuarta revolución industrial para el bien global.

Gracias también a Marc Benioff, Katrine Bosley, Justine Cassell, Mariette DiChristina, Murali Doraiswamy, Nita Farahany, Zev Furst, Nik Gowing, Victor Halberstadt, Ken Hu, Lee Sang-Yup, Alessio Lomuscio, Jack Ma, Ellen MacArthur, Peter Maurer, Bernard Meyerson, Andrew Maynard, William McDonough, James Moody, Andrew Moore, Michael Osborne, Fiona Paua Schwab, Feike Sijbesma, Vishal Sikka, Philip Sinclair, Hilary Sutcliffe, Nina Tandon, Farida Vis, sir Mark Walport y Alex Wyatt, con quienes mantuve contacto o fueron entrevistados para este libro.

La Red de Consejos de la Agenda Global del Foro y nuestras «comunidades orientadas al futuro» se comprometieron con fuerza con este tema y suministraron ricos conocimientos sobre todo lo discutido. Un agradecimiento especial a los Consejos de la Agenda sobre el Futuro del Software y la Sociedad, la Migración y el Futuro de las Ciudades. También doy las gracias a la notable serie de líderes en el campo del pensamiento que contribuyeron tan generosamente con su tiempo y sus conocimientos a este asunto durante la Cumbre sobre la Agenda Global 2015 celebrada en Abu Dhabi, así como a los miembros de las comunidades del Foro (Global Shapers, Young Global Leaders y Young Scientists), en especial a aquellos que aportaron ideas a través de TopLink, la plataforma de conocimiento y colaboración virtual del Foro.

Un agradecimiento especial también a Alejandro Reyes, por su edición, a Scott David, por el diseño, y a Kamal Kimaoui, por sus diseños y su toque editorial.

Para tener finalizado el libro para la reunión anual de 2016,

este tuvo que ser escrito en menos de tres meses con la colaboración de personas de todo el mundo. Ello realmente refleja el ambiente trepidante y dinámico de la cuarta revolución industrial. Así que, por último, le transmito mi gratitud profunda a usted, el lector, por embarcarse en este viaje conmigo y por su permanente compromiso con la mejora del estado del mundo.

Apéndice

Cambio profundo

En la cuarta revolución industrial, la conectividad digital habilitada, fundamentalmente, por las tecnologías de software está cambiando la sociedad. La escala del impacto y la velocidad de las modificaciones han hecho que la transformación que se está dando sea una muy diferente de cualquier otra revolución industrial en la historia humana.

El Consejo de la Agenda Global del Foro Económico Mundial sobre el Futuro del Software y la Sociedad realizó una encuesta entre ochocientos ejecutivos con el fin de saber cuándo preveían que estas tecnologías innovadoras pasarán a ser del dominio público en un grado significativo. También la llevó a cabo para comprender a fondo las implicaciones de estos cambios sobre los individuos, las organizaciones, el gobierno y la sociedad.

El informe del sondeo, *Deep Shift. Technology Tipping Points and Social Impact*, se publicó en septiembre de 2015.[76] Más abajo se reproducen 21 cambios tecnológicos presentados en el estudio y dos adicionales, incluidos los puntos de inflexión para estas tecnologías y las fechas de su prevista llegada al mercado.

Cambio 1: Tecnologías implantables

Punto de inflexión: Primer teléfono móvil implantable disponible comercialmente.

Para 2025: El 82 por ciento de los encuestados esperan que este punto de inflexión se haya producido.

Cada vez más, las personas se conectan a los dispositivos y estos, cada vez más, están siendo conectados a sus cuerpos. Los dispositivos no solo se llevan puestos, sino que también se implantan en los cuerpos para permitir las comunicaciones, la localización y el control del comportamiento, así como para funciones de salud.

Los marcapasos e implantes cocleares fueron solo el comienzo de esta tendencia, y muchos más son los dispositivos de salud que son lanzados constantemente. Estos serán capaces de detectar los parámetros de las enfermedades, y permitirán que las personas ejecuten acciones, envíen datos a centros de monitoreo o, quizá, liberen automáticamente medicamentos.

Los tatuajes inteligentes y otros chips únicos podrían ayudar en la identificación y localización. Los dispositivos implantados probablemente ayudarán a comunicar pensamientos expresados habitualmente de manera verbal a través de un teléfono inteligente «incorporado», y pensamientos o estados de ánimo potencialmente no expresados mediante la lectura de ondas cerebrales y otras señales.

Impactos positivos

- Reducción del número de niños desaparecidos.
- Aumento de los resultados positivos en salud.
- Aumento de la autosuficiencia.
- Mejor toma de decisiones.
- Reconocimiento de imágenes y disponibilidad de datos personales (red anónima que «ayudará»[77] a las personas).

Impactos negativos

- Privacidad/vigilancia potencial.
- Menor seguridad de los datos.
- Escapismo y adicciones.
- Mayores distracciones (por ejemplo, trastorno por déficit de atención).

Desconocidos, o cualquiera de los dos

- Vida más prolongada.
- Cambio de la naturaleza de las relaciones humanas.
- Cambios en las interacciones y relaciones del hombre.
- Identificación en tiempo real.
- Cambio cultural (memoria eterna).

El cambio en la práctica

- Los tatuajes digitales no solo se verán bien sino que podrán realizar tareas útiles, como desbloquear un automóvil, marcar los códigos de un teléfono móvil con el toque de un dedo o hacer un seguimiento de los procesos del cuerpo.

  Fuente: <https://wtvox.com/3d-printing-in-wearable-tech/top-10-implantablewearables-soon-body/>.

- Según un artículo del portal WT VOX: «El polvo inteligente, es decir, conjuntos de ordenadores completamente funcionales con antenas, cada uno mucho más pequeño que un grano de arena, se podrán conectar en red dentro del cuerpo según sea necesario con el fin de alimen-

tar toda una serie de procesos internos complejos. Imagine enjambres de estos microdispositivos atacando el cáncer en sus etapas tempranas, aliviando el dolor de una herida o incluso almacenando datos críticos de forma encriptada y difícil de *hackear*. Mediante el polvo inteligente, los médicos serán capaces de actuar dentro de un cuerpo sin abrirlo, y la información podría ser almacenada dentro de la persona, muy bien encriptada, hasta que el usuario la desbloquee de su nanorred personal».

Fuente: <https://wtvox.com/3d-printing-in-wearable-tech/top-10-implantable-wearables-soon-body/>.

• Una píldora inteligente, desarrollada por Proteus Biomedical y Novartis, tiene un dispositivo biodegradable digital unido a ella que transmite los datos a su teléfono sobre cómo el cuerpo está interactuando con el medicamento.

Fuente: <http://cen.acs.org/articles/90/i7/Odd-Couplings.html)>.

Cambio 2: Nuestra presencia digital

Punto de inflexión: El 80 por ciento de las personas tendrán presencia digital en internet.

Para 2025: El 84 por ciento de los encuestados esperan que este punto de inflexión se haya producido.

Tener presencia en el mundo digital ha evolucionado rápidamente durante los últimos veinte años o más. Hace apenas diez años, significaba tener un número de teléfono móvil, una dirección de correo electrónico y, tal vez, un sitio web personal o una página en MySpace.

Ahora, a la presencia digital de las personas se la considera en función de sus interacciones y rastros digitales a través de una multitud de plataformas y medios de comunicación en línea. Muchas personas tie-

nen más de una presencia digital, como una página de Facebook, una cuenta de Twitter, un perfil en LinkedIn, un blog de Tumblr, una cuenta en Instagram y, a menudo, muchas más.

En nuestro mundo cada vez más conectado, la vida digital está cada vez más vinculada indisolublemente a la vida física de las personas. En el futuro, construir y administrar una presencia digital será tan común como cuando las personas deciden cómo presentarse ante el mundo todos los días a través de la moda, las palabras y los actos. En ese mundo conectado y a través de su presencia digital, la gente será capaz de buscar y compartir información, expresar libremente ideas, encontrar y encontrarse, y desarrollar y mantener relaciones en prácticamente todo el mundo.

Impactos positivos

- Aumento de la transparencia.
- Mayor y más rápida conexión entre los individuos y los grupos.
- Aumento de la libertad de expresión.
- Rápida difusión e intercambio de información.
- Uso más eficiente de los servicios del gobierno.

Impactos negativos

- Privacidad/vigilancia potencial.
- Aumento del robo de la identidad.
- Hostigamiento/acoso en línea.
- Pensamiento dentro de los grupos de interés y creciente polarización.
- Diseminación de información incorrecta (necesidad de gestión de la reputación); cámaras de eco.[78]
- Falta de transparencia; las personas no están al tanto de los algoritmos de información (para las noticias y la información).

Desconocidos, o cualquiera de los dos

- Legados o huellas digitales.
- Publicidad más localizada.
- Información y noticias más localizadas.
- Elaboración de perfiles individuales.
- Identidad permanente (falta de anonimato).
- Facilidad para desarrollar movimientos sociales en línea (grupos políticos y de interés, aficiones, grupos terroristas).

El cambio en la práctica

Si las tres redes sociales más populares fueran países, tendrían casi mil millones más de personas que China (véase la figura I).

FIGURA I. Usuarios activos de las redes sociales en comparación con el número de habitantes de los países más poblados del mundo

Top 10 de las poblaciones (en millones)

1	**Facebook**	**1.400**
2	China	1.360
3	India	1.240
4	**Twitter**	**646**
5	EE.UU.	318
6	Indonesia	247
7	Brasil	202
8	Pakistán	186
9	Nigeria	173
10	**Instagram**	**152**

Fuente: <http://mccrindle.eom.au/the-mccrindle-glog/social-media-and-narcissism>.

Cambio 3: La visión como la nueva interfaz

Punto de inflexión: El 10 por ciento de las gafas de lectura estarán conectadas a internet.

Para 2025: El 86 por ciento de los encuestados esperan que este punto de inflexión se haya producido.

Google Glass es solo la primera de muchas maneras posibles en que las gafas, los audífonos y los dispositivos de seguimiento ocular pueden llegar a ser «inteligentes» y llevar a que los ojos y la visión sean la conexión a internet y a los dispositivos conectados.

Mediante el acceso directo a aplicaciones de internet y datos a través de la visión, las experiencias de un individuo se pueden mejorar, mediar o aumentar por completo para proporcionar una realidad inmersiva, diferente. Asimismo, con las nuevas tecnologías de *eye-tracking*, los dispositivos pueden suministrar información a través de interfaces visuales y los ojos pueden ser la fuente para interactuar con la información y responder a ella.

Habilitar la visión como una interfaz inmediata y directa (proporcionando instrucciones, visualización e interacción) puede cambiar la forma en que las personas en situación de discapacidad se relacionan con el mundo mediante el aprendizaje, la navegación, la instrucción y la retroalimentación para producir bienes y servicios, o a la hora de tener experiencias de entretenimiento.

Impactos positivos

- Información inmediata a la persona para que tome decisiones al navegar, trabajar y realizar actividades personales.
- Mayor capacidad para realizar tareas o producir bienes y servicios, con ayudas visuales para la fabricación, el cuidado de la salud y la cirugía, y la prestación de servicios.

• Capacidad para que personas en situación de discapacidad gestionen sus interacciones y movimientos, y experimenten el mundo a través del habla, la escritura y el movimiento mediante experiencias inmersivas.

Impactos negativos

• Distracción mental que puede causar accidentes.
• Traumas por experiencias inmersivas negativas.
• Aumento de la adicción y el escapismo.

Desconocidos, o cualquiera de los dos

• Un nuevo sector creado para la industria del entretenimiento.
• Incremento de la información inmediata.

El cambio en la práctica

Las gafas ya están en el mercado (no solo las producidas por Google) y pueden:

• Manipular libremente un objeto en 3D, lo que le permitiría moldearlo como si fuera arcilla.
• Proporcionar toda la información ampliada en vivo que una persona necesita cuando ve algo, de la misma forma en que funciona el cerebro.
• Desplegar un menú virtual cuando pasa frente a un restaurante.
• Proyectar una fotografía o un vídeo sobre cualquier pedazo de papel.

Fuente: <http://www.hongkiat.com/blog/augmented-reality-smart-glasses/>.

Cambio 4: Internet para vestir

Punto de inflexión: El 10 por ciento de las personas usarán ropa conectada a internet.

Para 2025: El 91 por ciento de los encuestados esperan que este punto de inflexión se haya producido.

La tecnología se está volviendo cada vez más personal. Los ordenadores se solían alojar primero en habitaciones grandes, luego en escritorios y, últimamente, sobre el regazo. Mientras que hoy la tecnología puede encontrarse en los teléfonos móviles de la gente, en sus bolsillos, pronto se integrará directamente en la ropa y los accesorios.

Lanzado en el año 2015, el reloj de Apple está conectado a internet y contiene muchas de las mismas capacidades funcionales que un teléfono inteligente. Cada vez más, la ropa y otros accesorios usados por la gente incorporarán chips que conectarán el artículo y la persona que lo usa a internet.

Impactos positivos

- Resultados más positivos en materia de salud que conducirán a vidas más prolongadas.
- Mayor autosuficiencia.
- Salud autogestionada.
- Mejor toma de decisiones.
- Disminución del número de niños desaparecidos.
- Ropa personalizada (sastrería, diseño).

Impactos negativos

- Privacidad/vigilancia potencial.
- Escapismo/adicción.
- Seguridad de los datos.

Desconocidos, o cualquiera de los dos

- Identificación en tiempo real.
- Cambios en las interacciones y relaciones humanas. Reconocimiento de imágenes y disponibilidad de datos personales (red anónima que «ayudará» a las personas).

El cambio en la práctica

El grupo de investigación y asesoría Gartner estima que aproximadamente setenta millones de relojes inteligentes y otros brazaletes se vendieron en 2015, cifra total que ascenderá a 514 millones en cinco años.

Fuente: <http://www.zdnet.com/article/wearables-internet-of-thingsmuscle-in-on-smartphone-spotlight-at-mwc/>.

La firma Mimo Baby ha creado un monitor portátil para bebés que informa sobre la respiración del bebé, la posición del cuerpo, la actividad de sueño, etc., y envía los datos a un iPad o teléfono inteligente. (Esto ha causado cierta controversia sobre dónde trazar la línea entre ayudar y crear una solución a un problema que no existe. En este caso, los partidarios dicen que ayuda al bebé a dormir mejor, mientras que los críticos dicen que los sensores no son un reemplazo para la crianza de los hijos.)

Fuente: <http://mimobaby.com/>; <http://money.cnn.com/2015/04/16/smallbusiness/mimo-wearable-baby-monitor/>.

Ralph Lauren ha desarrollado una camiseta diseñada para proporcionar datos en tiempo real al medir el sudor expulsado, el pulso, la intensidad de la respiración, etc.

Fuente: <http://www.ralphlauren.com/product/index.jsp?productId= 69917696 &ab=rd_men_features_ thepolotechshirt&cp=64796626.65333296>.

Cambio 5: Informática ubicua

Punto de inflexión: El 90 por ciento de la población tendrá acceso frecuente a internet.

Para 2025: El 79 por ciento de los encuestados esperan que este punto de inflexión se haya producido.

La informática es cada día más accesible y el poder de cómputo nunca ha estado más disponible para las personas, ya sea a través de un ordenador con conexión a internet, un teléfono inteligente con 3G/4G o servicios en la nube.

Hoy, el 43 por ciento de la población mundial está conectada a internet.[79] Tan solo en 2014 se vendieron 1.200 millones de teléfonos inteligentes.[80] En 2015, las ventas de tabletas superaron las de ordenadores personales (PC), mientras que las de teléfonos móviles (combinadas) sobrepasaron las de ordenadores por seis a uno.[81] Como internet ha ido rebasando año tras año a los demás canales de comunicación en cuanto a velocidad de adopción, se espera que, en pocos años, tres cuartas partes de la población mundial tengan acceso regular a la web.

En el futuro, el acceso regular a internet y a la información ya no será un beneficio de las economías desarrolladas, sino un derecho básico, como el agua potable. Dado que las tecnologías inalámbricas requieren menos infraestructura que muchos otros servicios públicos (electricidad, carreteras y agua), con seguridad serán accesibles mucho más rápido que los demás. Así pues, una persona de cualquier país será capaz de acceder e interactuar con la información procedente del extremo opuesto del mundo. La creación y difusión de contenido se volverán más fáciles que nunca.

Impactos positivos

- Más participación económica de las poblaciones desfavorecidas, ubicadas en las regiones remotas o poco desarrolladas («último kilómetro»).
- Acceso a los servicios de educación, salud y gobierno.
- Presencia.
- Acceso a destrezas, mayor tasa de empleo, cambio en los tipos de puesto de trabajo.
- Mayor tamaño del mercado/comercio electrónico.
- Más información.
- Mayor participación ciudadana.
- Democratización/cambios en política.
- «Último kilómetro»: aumento de la transparencia y la participación frente a un aumento de la manipulación y las cámaras de eco.

Impactos negativos

- Aumento de la manipulación y las cámaras de eco.
- Fragmentación política.
- Los «jardines amurallados» (es decir, entornos limitados para usuarios autentificados únicamente) no permiten el acceso completo en algunas regiones o países.

El cambio en la práctica

Para hacer que internet esté disponible para los próximos cuatro mil millones de usuarios, se deben superar dos retos: el acceso debe estar disponible y debe ser asequible. La carrera para proporcionar acceso a la web al resto del mundo está en marcha. Hoy en día, más del 85 por ciento de la población mundial ya vive a unos pocos kilómetros de una torre de telefonía mó-

vil que podría brindar servicio de internet.[82] Los operadores de telefonía móvil de todo el mundo están ampliando rápidamente el acceso. Internet.org, un proyecto de Facebook con operadores de redes móviles, ha habilitado el acceso a servicios básicos de internet para más de mil millones de personas en diecisiete países en el último año.[83] Y están en marcha muchas iniciativas para conectar las regiones más remotas; Internet.org está desarrollando drones, el Proyecto Loon de Google está utilizando globos, mientras que SpaceX está invirtiendo en nuevas redes de satélites de bajo costo.

Cambio 6: Un superordenador en su bolsillo

Punto de inflexión: El 90 por ciento de la población utilizará teléfonos inteligentes.

Para 2025: El 81 por ciento de los encuestados esperan que este punto de inflexión se haya producido.

Ya en 2012, el equipo de Google Inside Search publicó que «se necesita aproximadamente la misma cantidad de cómputo para responder a una búsqueda en Google Search que el poder de cómputo —tanto en vuelo como en tierra— de todo el programa espacial Apolo».[84] Por otra parte, los teléfonos inteligentes y las tabletas actuales incorporan mayor potencia informática que la mayoría de los superordenadores antes conocidos, que solían llenar una habitación entera.

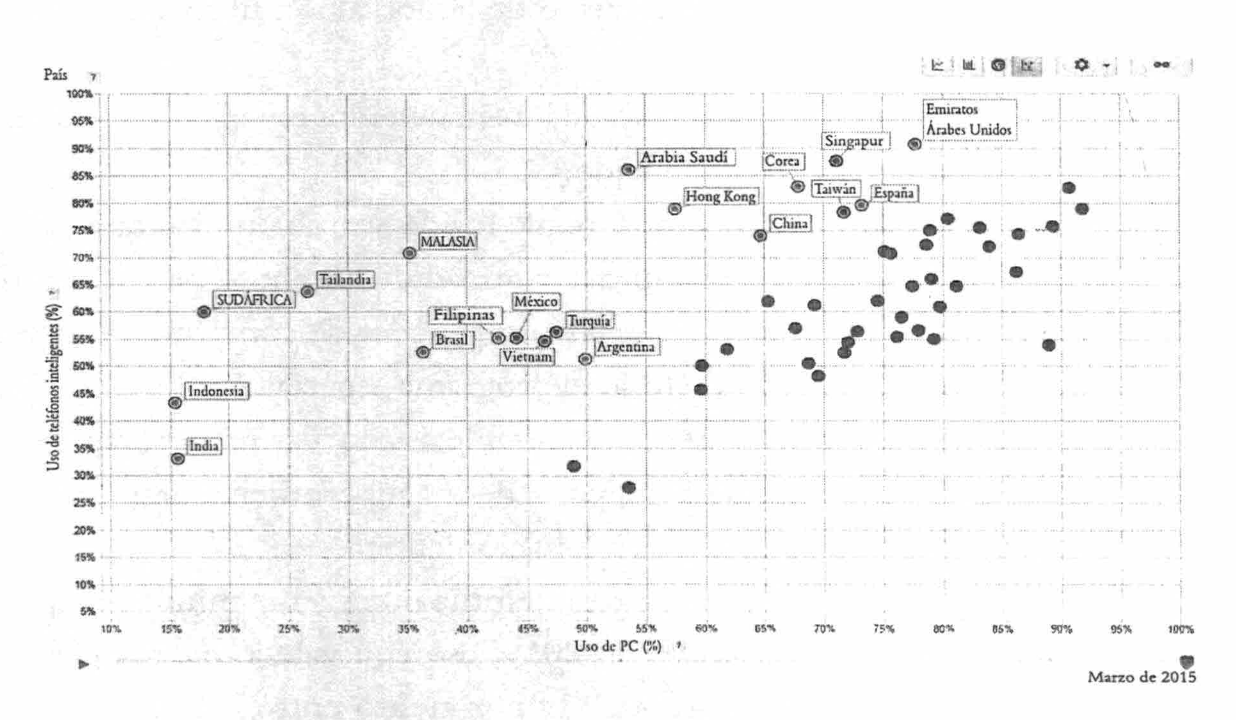
Se prevé que los usuarios de telefonía inteligente mundial llegarán a un total de 3.500 millones en 2019; eso equivale a una penetración de los teléfonos inteligentes del 59 por ciento entre la población, superando el 50 por ciento de penetración de 2017 y destacando el importante crecimiento desde el 28 por ciento registrado en 2013.[85]

En Kenia, Safaricom, el operador líder de servicios móviles, informó de que el 67 por ciento de las ventas de equipos correspondieron a teléfonos inteligentes en 2014, y la GSMA augura que África tendrá más de 500 millones de usuarios de teléfonos antes de 2020.[86]

El cambio en los dispositivos ya ha ocurrido en muchos países de diferentes continentes (con Asia como líder de esta tendencia), mientras que más personas utilizan sus teléfonos inteligentes en lugar de los PC tradicionales. A medida que avanza la tecnología para miniaturizar los dispositivos, aumentar el poder de cómputo y, sobre todo, reducir el precio de la electrónica, se prevé que la adopción de teléfonos inteligentes se acelere.

Según Google, los países de la figura II utilizan más los teléfonos inteligentes que los PC.

FIGURA II. Países con mayor uso de teléfonos inteligentes que PC (marzo de 2015)

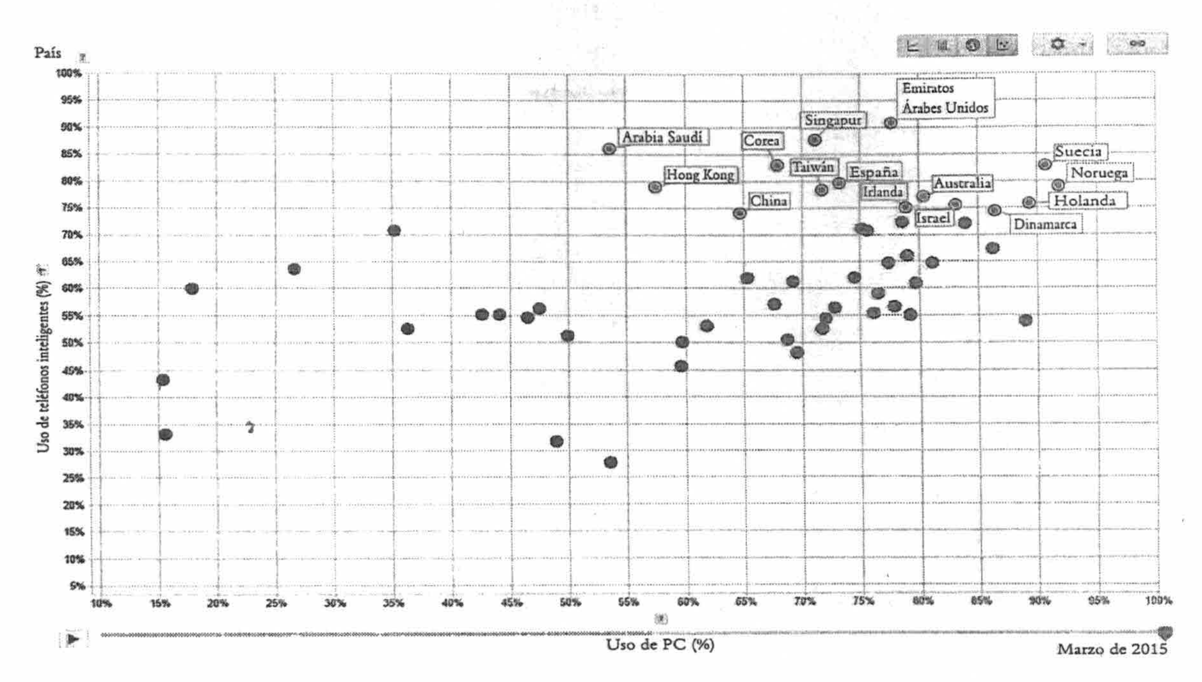


Fuente: <http://www.google.com.sg/publicdata/explore>.

Países como Singapur, Corea del Sur y los Emiratos Árabes Unidos son los más cercanos a alcanzar el punto de inflexión (figura III).

La sociedad se dirige hacia la adopción de máquinas incluso más rápidas que les permitirán a los usuarios realizar sobre la marcha tareas complicadas. Probablemente, el número de dispositivos que utilice cada

FIGURA III. Países con casi el 90 por ciento de la población adulta que utiliza teléfonos inteligentes (marzo de 2015)



Fuente: <http://www.google.com.sg/publicdata/explore>.

persona aumentará con fuerza, no solo con nuevas funciones sino mediante la especialización de tareas.

Impactos positivos

- Mayor participación económica de las poblaciones desfavorecidas ubicadas en las regiones remotas o poco desarrolladas («último kilómetro»).
- Acceso a los servicios de educación, salud y gobierno.
- Presencia.
- Acceso a destrezas, mayor tasa de empleo, cambio en los tipos de puesto de trabajo.
- Mayor tamaño del mercado/comercio electrónico.
- Más información.
- Mayor participación ciudadana.
- Democratización/cambios en política.

• «Último kilómetro»: aumento de la transparencia y la participación frente a un aumento de la manipulación y las cámaras de eco.

Impactos negativos

• Aumento de la manipulación y las cámaras de eco.
• Fragmentación política.
• Los «jardines amurallados» (es decir, entornos limitados para usuarios autentificados) no permiten el acceso completo en algunas regiones o países.

Desconocidos, o cualquiera de los dos

• Está encendido las veinticuatro horas del día.
• Falta de distinción entre los usos laboral y personal.
• Estar en cualquier lugar y en todos lados.
• Impacto ambiental de la fabricación.

El cambio en la práctica

En 1985, el superordenador Cray-2 era la máquina más rápida del mundo. El iPhone 4, lanzado en junio de 2010, tenía una potencia equivalente al Cray-2; ahora, apenas cinco años más tarde, el reloj de Apple tiene una velocidad equivalente a dos iPhone 4.[87] Con el precio de venta al consumidor de los teléfonos inteligentes cayendo por debajo de 50 dólares, el poder de procesamiento se dispara y la adopción en los mercados emergentes se acelera, por lo que casi todo el mundo pronto tendrá, literalmente, un superordenador en el bolsillo.

Fuente: <http://pages.experts-exchange.com/processing-power-compared/>.

Cambio 7: Almacenamiento para todos

Punto de inflexión: El 90 por ciento de las personas tienen almacenamiento ilimitado y gratuito (financiado mediante publicidad).

Para 2025: El 91 por ciento de los encuestados esperan que este punto de inflexión se haya producido.

Las capacidades de almacenamiento han evolucionado de manera notable en los últimos años, con un creciente número de empresas que lo ofrecen casi gratis a sus usuarios como parte de los beneficios del servicio. Estos están produciendo cantidades de contenido cada vez mayores, sin preocuparse por tener que eliminar datos con el fin de dejar espacio para más. Existe una clara tendencia hacia la mercantilización de la capacidad de almacenamiento. Una razón para ello es que su precio (figura IV) ha bajado exponencialmente (por un factor promedio de 10, cada cinco años).

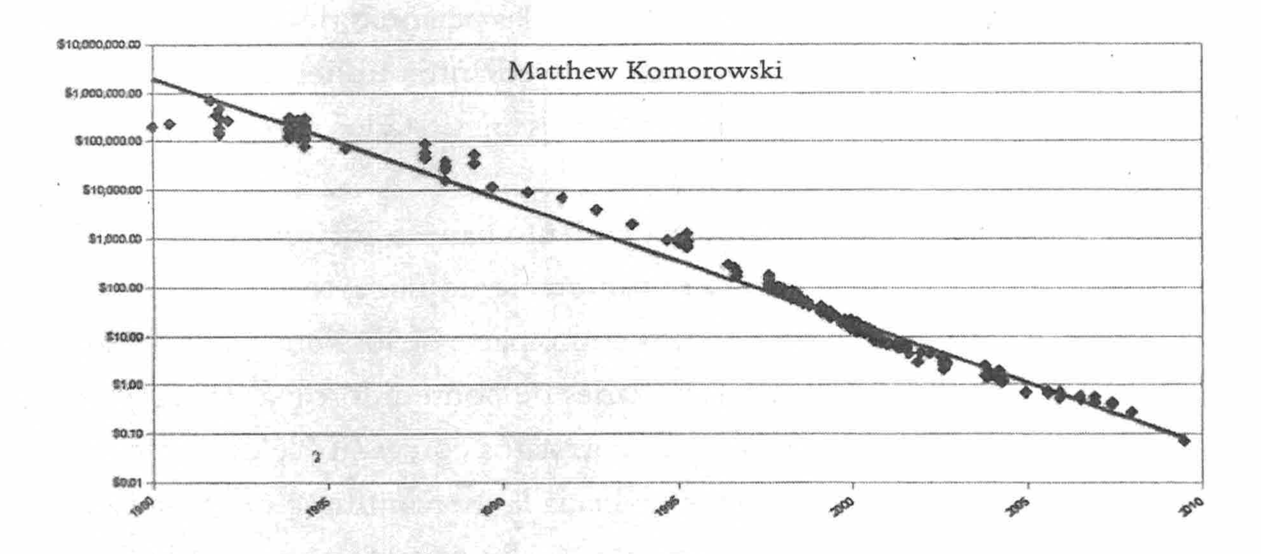
Se calcula que, en los últimos dos años, el mundo ha creado el 90 por ciento de los datos totales, y la cantidad de información creada por las empresas se duplica cada 1,2 años.[88] El almacenamiento de información se ha convertido en una mercancía, con empresas como Amazon Web Services y Dropbox como líderes de esta tendencia.

El mundo se encamina hacia una mercantilización completa del almacenamiento mediante el acceso gratuito e ilimitado para los usuarios. El mejor de los escenarios en cuanto a ingresos para las empresas podría ser la publicidad o la telemetría.

Impactos positivos

- Sistemas jurídicos.
- Beca en historia/academia.
- Eficiencia en las operaciones de los negocios.
- Superación de las limitaciones de la memoria personal.

FIGURA IV. Costo del disco duro por gigabyte (1980-2009)



Fuente: «A History of Storage Costs», mkomo.com, 8 de septiembre de 2009.[89]

Impactos negativos

- Vigilancia de la privacidad.

Desconocidos, o cualquiera de los dos

- Memoria eterna (nada se borra).
- Aumento de la creación, distribución y consumo de contenidos.

El cambio en la práctica

Numerosas empresas ya ofrecen almacenamiento gratuito en la «nube», que van desde 2GB a 50GB.

Cambio 8: El internet de y para las cosas

Punto de inflexión: Un billón de sensores estarán conectados a internet.

Para 2025: El 89 por ciento de los encuestados esperan que este punto de inflexión se haya producido.

Mediante un poder de cómputo en continuo crecimiento y la caída de los precios del hardware (aún en consonancia con la ley de Moore),[90] es económicamente factible conectar, literalmente, cualquier cosa a internet. Los sensores inteligentes ya están disponibles a precios muy competitivos. Todas las cosas serán inteligentes y estarán conectadas a internet, lo que permitirá una mayor comunicación y nuevos servicios basados en datos gracias a un aumento de la capacidad de análisis.

Un estudio reciente evaluó cómo se pueden utilizar los sensores para monitorear el comportamiento y la salud de los animales.[91] Demuestra como sensores conectados al ganado pueden comunicarse entre sí a través de una red de telefonía móvil y proporcionar datos en tiempo real desde cualquier lugar sobre las condiciones de los animales.

Los expertos sugieren que, en el futuro, cada producto (físico) podría conectarse a infraestructuras de comunicación ubicua, y los sensores ubicados en todas partes permitirán a las personas percibir totalmente su entorno.

Impactos positivos

- Aumento de la eficiencia en el uso de recursos.
- Aumento de la productividad.
- Mejora de la calidad de vida.
- Efectos sobre el medio ambiente.
- Menor costo de la prestación de servicios.
- Mayor transparencia en el uso y estado de los recursos. Seguridad (aviones, alimentos, etc.).

- Eficiencia (logística).
- Mayor demanda de ancho de banda y almacenamiento.
- Cambio en los mercados de trabajo y en las capacidades.
- Creación de empresas.
- Aplicaciones «duras» y en tiempo real serán factibles en redes de comunicaciones estándar.
- Diseño de los productos para que sean «digitalmente conectables».
- Adición de servicios digitales a los productos.
- El gemelo digital proporciona datos precisos para monitorear, controlar y predecir.
- El gemelo digital se convierte en participante activo en los negocios, la información y los procesos sociales.
- Las cosas podrán percibir su entorno de manera integral, y reaccionar y actuar autónomamente.
- Generación de conocimiento adicional y valor a partir de cosas «inteligentes» conectadas.

Impactos negativos

- Privacidad.
- Pérdida de empleos para la mano de obra no cualificada.
- Piratería y amenazas a la seguridad (por ejemplo, a la red eléctrica).
- Mayor complejidad y pérdida de control.

Desconocidos, o cualquiera de los dos

- Cambio en el modelo de negocios: alquiler/uso de activos, pero no propiedad de los mismos (aparatos como servicio).
- Modelo de negocio afectado por el valor de los datos.
- Cada empresa será potencialmente una empresa de software.

- Nuevos negocios: venta de datos.
- Cambio en los marcos para pensar en la privacidad.
- Infraestructura distribuida a gran escala para las tecnologías de la información.
- Automatización del trabajo de conocimiento (análisis, evaluaciones, diagnósticos, etc.).
- Consecuencias de un «Pearl Harbor digital» potencial (piratas o terroristas digitales que paralicen la infraestructura, lo que podría llevar a una falta de alimentos, combustible y energía durante semanas).
- Mayores tasas de utilización (por ejemplo, vehículos, máquinas, herramientas, equipos, infraestructura).

El cambio en la práctica

El Ford GT tiene incorporadas diez millones de líneas de código informático.

Fuente: <http://rewrite.ca.com/us/articles/security/iot-is-bringing-lots-of-code-to-your-car-hackers-too.html?intcmp=searchresultclick&resultnum=2)>.

El nuevo modelo del popular Volkswagen Golf tiene 54 unidades de procesamiento informático; hasta 700 puntos de datos se procesan en el vehículo, lo cual genera 6 GB de datos por cada uno de ellos.

Fuente: «IT-Enabled Products and Services and IoT», mesa redonda sobre estrategias digitales, Centro de Estrategias Digitales de la Escuela de Negocios Tuck de Dartmouth, 2014.

Se espera que más de 50.000 millones de dispositivos estén conectados a internet en 2020. Incluso la Vía Láctea, la galaxia de la Tierra, contiene solo unos 200.000 millones de soles.

Eaton Corporation incorpora sensores en ciertas mangueras de alta presión que detectan si alguna está a punto de deshilacharse, lo cual evita accidentes potencialmente peligrosos y ahorra los altos costos por la inactividad de las máquinas que incorporan las mangueras como componente clave.

Fuente: «The Internet of Things. The Opportunities and Challenges of Interconnectedness», mesa redonda sobre estrategias digitales, Centro de Estrategias Digitales de la Escuela de Negocios Tuck de Dartmouth, 2014.

Ya el año pasado, según BMW el 8 por ciento de los coches de todo el mundo, es decir, 84 millones de unidades, estaban conectados a internet de alguna manera. La cifra llegará al 22 por ciento, o 290 millones de coches, de aquí a 2020.

Fuente: <http://www.politico.eu/article/google-vs-german-car-engineer-industry-american-competition/>.

Aseguradoras como Aetna están pensando en cómo sensores en una alfombra podrían ayudar si una persona sufriera una apoplejía. Tales sensores detectarían cualquier cambio en el modo de andar y pedirían la visita de un terapeuta.

Fuente: «The Internet of Things. The Opportunities and Challenges of Interconnectedness», mesa redonda sobre estrategias digitales, Centro de Estrategias Digitales de la Escuela de Negocios Tuck de Dartmouth, 2014.

Cambio 9: El hogar conectado

Punto de inflexión: Más del 50 por ciento del tráfico de internet que se lleva a los hogares corresponde a aparatos y dispositivos (no para el entretenimiento o las comunicaciones).

Para 2025: El 70 por ciento de los encuestados esperan que este punto de inflexión se haya producido.

En el siglo XX, la mayoría de la energía de un hogar era para consumo personal directo (iluminación). Pero, con el paso del tiempo, la cantidad de energía utilizada para esta y otras necesidades fue eclipsada por dispositivos mucho más complejos, desde tostadoras y lavaplatos hasta televisores y aires acondicionados.

Lo mismo cabe decir de internet: la mayor parte del tráfico de internet a los hogares es hoy en día para consumo personal, de comunicación o entretenimiento. Además, ya se están produciendo cambios muy rápidos en la automatización de los hogares (domótica), lo cual le permite a la gente controlar las luces, las cortinas, la ventilación, el aire acondicionado, el audio y el vídeo, los electrodomésticos y los sistemas de seguridad. Robots conectados para todo tipo de servicios, como aspirar el suelo, proporcionan una ayuda adicional.

Impactos positivos

- Eficiencia en materia de recursos (menor uso y costo de la energía).
- Comodidad.
- Seguridad y detección de intrusiones.
- Control de acceso.
- Compartición del hogar.
- Capacidad para vivir con independencia (joven/anciano, discapacitado).
- Aumento de la publicidad dirigida y repercusión general sobre los negocios.
- Reducción de los costos de los sistemas de salud (menos hospitalizaciones y visitas del médico, monitoreo del proceso de toma de medicamentos).
- Monitoreo (en tiempo real) y grabación en vídeo.

- Solicitudes de aviso y emergencias.
- Control remoto del hogar (por ejemplo, cerrar la llave del gas).

Impactos negativos

- Privacidad.
- Vigilancia.
- Ciberataques, delincuencia, vulnerabilidad.

Desconocidos, o cualquiera de los dos

- Impacto en la fuerza de trabajo.
- Cambio en la ubicación del trabajo (más desde el hogar y fuera de él).
- Privacidad y propiedad de los datos.

El cambio en la práctica

Un ejemplo de este desarrollo para su uso en el hogar fue citado por cnet.com: «Nest, fabricante de un termostato conectado a internet y un detector de humo [...] anunció [en 2014] el programa de desarrolladores "Funciona con Nest", que asegura que los productos de diferentes empresas trabajan con su software. Por ejemplo, una alianza con Mercedes-Benz significa que su coche puede informar a Nest de que suba la temperatura en casa, de tal forma que esté caliente cuando llegue. Finalmente [...] centros como Nest ayudarán al hogar a detectar lo que el interesado necesita y lo ajustará de manera automática. Los propios dispositivos podrían llegar a desaparecer en un hogar al actuar simplemente como sensores y dispositivos controlados desde un centro único».

Fuente: Richard Nieva, «Rosie or Jarvis: The Future of the Smart Home Is Still in the Air», 14 de enero de 2015, cnet.com, <http://www.cnet.com/news/rosie-or-jarvis-the-future-of-the-smart-home-is-still-in-the-air/>.

Cambio 10: Ciudades inteligentes

Punto de inflexión: Primera ciudad de más de 50.000 habitantes sin semáforos.

Para 2025: El 64 por ciento de los encuestados esperan que este punto de inflexión se haya producido.

Muchas ciudades conectarán servicios, suministros y calles a internet. Estas ciudades inteligentes administrarán la energía, los flujos de materiales, la logística y el tráfico. Ciudades progresistas, como Singapur y Barcelona, ya están poniendo en práctica muchos nuevos servicios de datos, entre ellos soluciones de estacionamiento inteligente, recolección de basura inteligente e iluminación inteligente. Las ciudades inteligentes están continuamente ampliando su red de tecnología de sensores y trabajando en sus plataformas de datos, que serán la base para conectar los proyectos de diferentes tecnologías y agregar futuros servicios basados en el análisis de datos y el modelado predictivo.

Impactos positivos

- Aumento de la eficiencia en el uso de los recursos.
- Aumento de la productividad.
- Aumento de la densidad.
- Mejora de la calidad de vida.
- Efectos en el medio ambiente.
- Mayor acceso a recursos para la población en general.
- Menor costo de la prestación de servicios.

- Mayor transparencia sobre el uso y el estado de los recursos.
- Disminución de la delincuencia.
- Mayor movilidad.
- Producción y consumo de energía descentralizados y respetuosos con el medio ambiente.
- Producción descentralizada de bienes.
- Mayor flexibilidad (ante los impactos del cambio climático).
- Menor contaminación (aire, ruido).
- Mayor acceso a la educación.
- Acceso más rápido a los mercados.
- Más empleo.
- Gobierno electrónico más inteligente.

Impactos negativos

- Vigilancia de la privacidad.
- Riesgo de colapso (apagón total) si falla el sistema de energía.
- Mayor vulnerabilidad frente a ataques cibernéticos.

Desconocidos, o cualquiera de los dos

- Impacto en la cultura y el sentido de ciudad.
- Cambio de hábitos individuales de las metrópolis.

El cambio en la práctica

Según un artículo publicado en *The Future Internet*: «La ciudad de Santander, en el norte de España, tiene veinte mil sensores que conectan edificios, infraestructuras, medios de transporte, redes y servicios públi-

cos. La ciudad ofrece un espacio físico para la experimentación y validación de funciones, como protocolos de interacción y gestión, tecnologías de dispositivos y servicios de apoyo, como descubrimiento, gestión de la identidad y seguridad».

Fuente: H. Schaffers, N. Komninos, M. Pallot, B. Trousse, M. Nilsson y A. Oliveira, «Smart Cities and the Future Internet. Towards Cooperation Frameworks for Open Innovation», J. Domingue *et al.* (eds.), *The Future Internet*, LNCS 6656, 2011, pp. 431-446, <http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-20898-0_31>.

Cambio 11: «Big Data» para la toma de decisiones

Punto de inflexión: Primer gobierno que sustituirá el censo de población por uno con fuentes de *Big Data*.

Para 2025: El 83 por ciento de los encuestados esperan que este punto de inflexión se haya producido.

Existen más datos que nunca acerca de las comunidades, y la capacidad para comprenderlos y manejarlos está mejorando todo el tiempo. Los gobiernos podrían empezar a encontrarse con que sus formas previas de recopilación de información ya no son necesarias y podrían recurrir a tecnologías de *Big Data* para automatizar sus programas actuales y ofrecer nuevas e innovadoras formas de servicio a los ciudadanos y clientes.

El aprovechamiento del *Big Data* permitirá una mejor y más rápida toma de decisiones en una amplia serie de industrias y aplicaciones. Esta, de manera automatizada, puede reducir las complejidades que afrontan los ciudadanos y permitir que las empresas y los gobiernos presten servicios y apoyo en tiempo real, desde las interacciones con los clientes hasta la cumplimentación automática de impuestos y sus respectivos pagos.

Los riesgos y las oportunidades en el aprovechamiento del *Big Data* para la toma de decisiones son significativos. Fomentar la confianza en los datos y los algoritmos que se usan será vital. La preocupación ciudadana sobre la privacidad y el establecimiento de responsabilidades en las estructuras jurídicas y empresariales requerirá ajustes en el pensamiento, así como directrices claras para impedir la elaboración de perfiles y consecuencias imprevistas. Aprovechar el *Big Data* para reemplazar los procesos que hoy se realizan manualmente puede hacer que algunos puestos de trabajo queden obsoletos, pero también crear categorías laborales y oportunidades que actualmente no existen en el mercado.

Impactos positivos

- Mejores y más rápidas decisiones.
- Más toma de decisiones en tiempo real.
- Datos abiertos para la innovación.
- Puestos de trabajo para los abogados.
- Menor complejidad y mayor eficiencia para los ciudadanos.
- Reducción de costos.
- Nuevas categorías laborales.

Impactos negativos

- Pérdida de empleos.
- Privacidad.
- Responsabilidad (¿quién es el dueño del algoritmo?).
- Confianza (¿cómo confiar en los datos?).
- Batallas sobre los algoritmos.

Desconocidos, o cualquiera de los dos

- Elaboración de perfiles.
- Cambio en las estructuras reguladoras, empresariales y jurídicas.

El cambio en la práctica

El volumen de datos en las empresas de todo el mundo se duplica cada 1,2 años.

Fuente: Vincent Granville, «A Comprehensive List of Big Data Statistics», 21 de octubre de 2014: <http://www.bigdatanews.com/profiles/blogs/a-comprehensive-list-of-big-data-statistics>.

«Los agricultores, desde Iowa hasta la India, están utilizando datos de semillas, satélites, sensores y tractores para tomar mejores decisiones sobre lo que se debe sembrar y cuándo hacerlo; cómo realizar el seguimiento de la vida útil de los alimentos, de la granja al plato, y cómo adaptarse a los cambios de clima.»

Fuente: «What's the Big Deal with Data», BSA | Software Alliance, <http://data.bsa.org/>.

«Para informar mejor a los comensales sobre los lugares insalubres, San Francisco lideró con éxito un programa piloto en colaboración con Yelp, mediante la fusión de los datos de las inspecciones de sanidad a restaurantes de la ciudad con los de las páginas web sobre evaluaciones de los usuarios. Si abre la página del restaurante Tacos El Primo, por ejemplo, muestra un índice de salubridad de 98 sobre 100. Las clasificaciones de Yelp son bastante influyentes. Aparte de servir como un portavoz de la ciudad para advertir a los residentes sobre los peligros de la comida, la

colaboración es una manera potencial de avergonzar a los restaurantes reincidentes para que cumplan con las normas de salubridad.»

Fuente: <http://www.citylab.com/cityfixer/2015/04/3-cities-using-open-data-in-creative-ways-to-solve-poblems/391035/>.

Cambio 12: Vehículos sin conductor

Punto de inflexión: Los automóviles sin conductor equivaldrán al 10 por ciento de todos los vehículos en las carreteras de Estados Unidos.

Para 2025: El 79 por ciento de los encuestados esperan que este punto de inflexión se haya producido.

Ensayos de automóviles sin conductor de grandes compañías, como Audi y Google, ya se están dando, y otras empresas incrementan sus esfuerzos para desarrollar nuevas soluciones. Estos vehículos pueden ser potencialmente más eficientes y seguros que los conducidos por una persona. Por otra parte, podrían reducir la congestión y las emisiones, y alterar en profundidad los modelos de transporte y logística existentes.

Impactos positivos

- Mejora de la seguridad.
- Más tiempo para centrarse en el trabajo o consumir contenidos de los medios de comunicación.
- Efectos en el medio ambiente.
- Menos estrés y rabia al volante.
- Mejora de la movilidad para los ancianos y discapacitados, entre otros.
- Adopción de vehículos eléctricos.

Impactos negativos

- Pérdida de empleos (taxistas y camioneros, industria del automóvil).
- Alteración de los seguros y la asistencia en carretera («pagar más por conducir uno mismo»).
- Disminución de los ingresos por infracciones de tráfico.
- Menos vehículos en propiedad.
- Estructuras jurídicas para conducir.
- Cabildeo contra la automatización (personas a quienes no se les permite conducir en las autopistas).
- Pirateo/ciberataques.

El cambio en la práctica

En octubre de 2015, Tesla hizo que los coches que había vendido el año anterior en Estados Unidos fueran semiautónomos mediante una actualización de software.

Fuente: <http://www.wired.com/2015/10/tesla-self-driving-over-air-update-live>.

Google planea poner vehículos autónomos a disposición del público en el año 2020.

Fuente: Thomas Halleck, «Google Inc. Says Self-Driving Car Will Be Ready By 2020», *International Business Times*, 14 de enero de 2015, <http://www.ibtimes.com/google-inc-says-self-driving-car-will-be-ready-2020-1784150>.

En el verano del 2015, dos piratas informáticos demostraron su capacidad de *hackear* un vehículo en movimiento y controlar las funcio-

nes del tablero de instrumentos, el volante, los frenos, etc., todo a través del sistema de entretenimiento del vehículo.

Fuente: <http:/www.wired.com/2015/07/hackers-remotely-kill-jeep-highway/>.

El primer estado en Estados Unidos (Nevada) en aprobar una ley que permite los vehículos sin conductor (autónomos) lo hizo en 2012.

Fuente: Alex Knapp, «Nevada Passes Law Authorizing Driverless Cars», *Forbes*, 22 de junio de 2011: <http://www.forbes.com/sites/alexknapp/2011/06/22/nevada-passes-law-authorizing-driverless-cars>.

Cambio 13: Inteligencia artificial y toma de decisiones

Punto de inflexión: Primera máquina de inteligencia artificial en una junta directiva.

Para 2025: El 45 por ciento de los encuestados esperan que este punto de inflexión se haya producido.

Más allá de conducir automóviles, la inteligencia artificial puede aprender de situaciones anteriores para proporcionar información y automatizar procesos complejos de decisiones futuras, lo cual hace que sea más fácil y rápido llegar a conclusiones concretas basadas en datos y experiencias pasadas.

Impactos positivos

- Decisiones racionales, basada en datos; menor sesgo.
- Eliminación de la «exuberancia irracional».
- Reorganización de las burocracias anticuadas.
- Innovación y ganancias en el trabajo.

- Independencia energética.
- Avances en las ciencias médicas, erradicación de la enfermedad.

Impactos negativos

- Responsabilidad (quién es responsable, derechos fiduciarios, legalidad).
- Pérdida de empleos.
- Pirateo/ciberdelincuencia.
- Responsabilidad y rendición de cuentas, gobierno.
- Volverse incomprensible.
- Aumento de la desigualdad.
- «Ponerse a malas con el algoritmo.»
- Amenaza existencial para la humanidad.

El cambio en la práctica

ConceptNet 4, una máquina de inteligencia artificial del ámbito del lenguaje, superó recientemente una prueba de inteligencia mejor de lo que lo hubieran hecho la mayoría de los niños de cuatro años, mientras que hace tan solo tres apenas podía competir con un niño de un año. Se espera que la próxima versión, que acaba de ser finalizada, funcione al mismo nivel que un niño de cinco o seis años de edad.

Fuente: «Verbal IQ of a Four-Year Old Achieved by an AI System»: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.386.6705&rep=rep1&type=pdf>.

Si la ley de Moore continúa desarrollándose a la misma velocidad a la que ha venido haciéndolo durante los últimos treinta años, los proce-

sadores alcanzarán la misma potencia de cómputo que el cerebro humano en 2025. Deep Knowledge Ventures, un fondo de capital riesgo con sede en Hong Kong que invierte en ciencias biológicas, la investigación del cáncer, las enfermedades relacionadas con la edad y la medicina regenerativa, nombró miembro de su junta directiva a un algoritmo de inteligencia artificial llamado VITAL (siglas en inglés de Herramienta de Inversión para la Validación de las Ciencias Biológicas).

Fuente: «Algorithm Appointed Board Director», BBC: <http://www.bbc.com/news/technology-27426942>.

Cambio 14: La inteligencia artificial y los empleos de cuello blanco

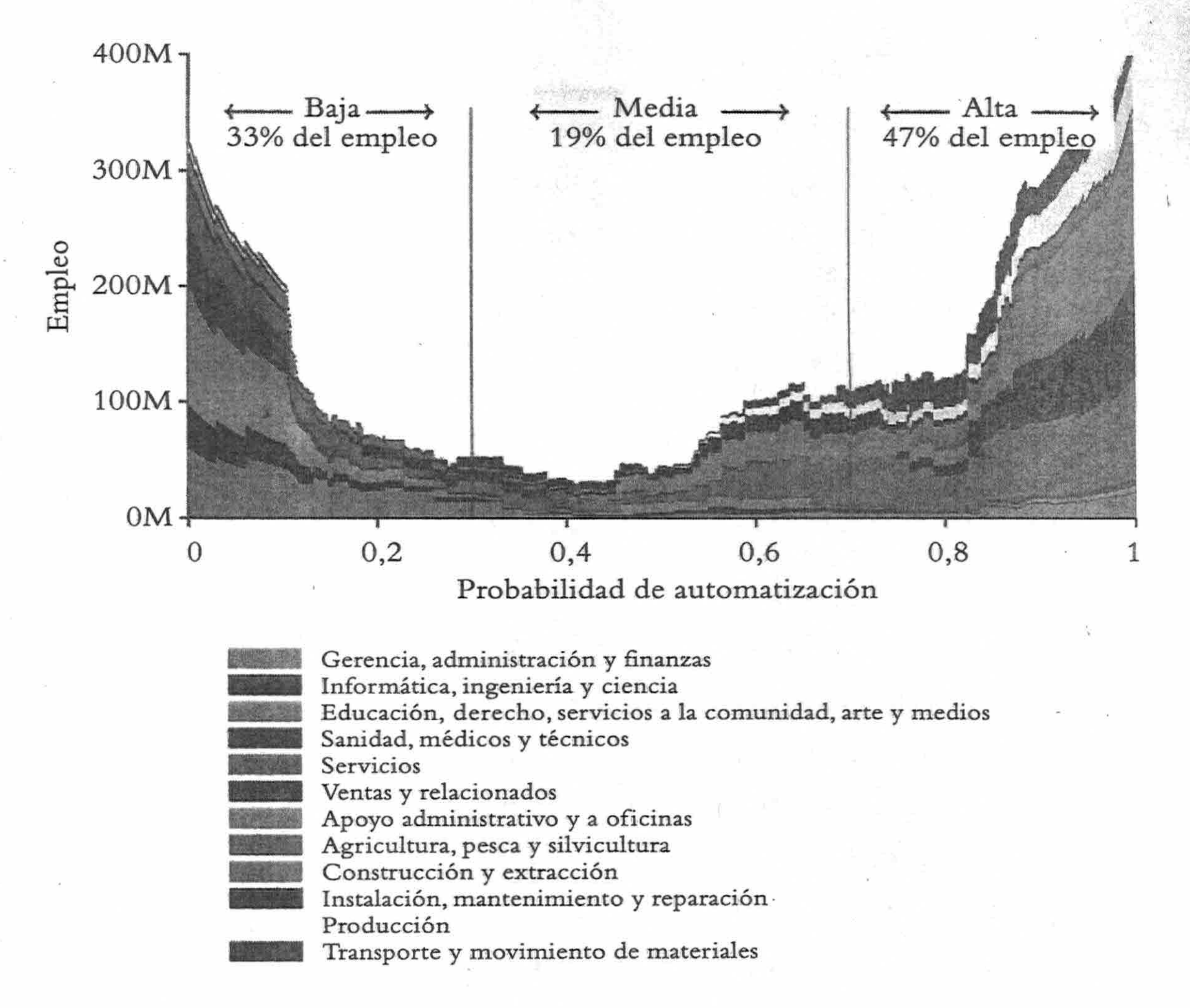
Punto de inflexión: El 30 por ciento de las auditorías corporativas las realizará la inteligencia artificial.

Para 2025: El 75 por ciento de los encuestados esperan que este punto de inflexión se haya producido.

La inteligencia artificial es una buena herramienta para hacer coincidir pautas y automatizar procesos, lo cual hace que la tecnología sea susceptible de muchas funciones en grandes organizaciones. Se puede augurar un ambiente en el futuro en el cual la inteligencia artificial reemplazará una serie de funciones realizadas hoy por personas.

Un estudio de la Oxford Martin School[92] analizó la susceptibilidad de ciertos puestos de trabajo a ser automatizados por parte de la inteligencia artificial y la robótica, y obtuvo algunos resultados alarmantes. Su modelo predijo que hasta un 47 por ciento de los empleos en Estados Unidos en 2010 eran proclives a ser automatizados en los siguientes diez o veinte años (figura V).

FIGURA V. Distribución del empleo en Estados Unidos en relación con la probabilidad de automatización



Fuente: C. B. Frey y M. A. Osborne, «The Future of Employment. How Susceptible Are Jobs to Computerisation?», 17 de septiembre de 2013.

Impactos positivos

- Reducción de costos.
- Aumento de la eficiencia.
- Desbloqueo de la innovación, oportunidades para las pequeñas empresas y las *start-ups* (menores barreras de entrada, «software como servicio» (SaS) para todo).

Impactos negativos

- Pérdida de empleos.
- Rendición de cuentas y responsabilidad.
- Cambios legales, declaración financiera, riesgo.
- Automatización del empleo (véase el estudio de Oxford Martin).

El cambio en la práctica

Los avances en la automatización fueron tratados por *Fortune*: «Watson, de IBM, conocido por su actuación estelar en el juego televisivo *Jeopardy!*, ya ha demostrado una tasa de diagnóstico del cáncer de pulmón mucho más precisa que los seres humanos (90 por ciento frente al 50 por ciento en algunas pruebas). La razón reside en los datos: estar al tanto de toda la información médica podría llevarles a los doctores 160 horas por semana, así que estos posiblemente no estén en condiciones de revisar la enorme cantidad de nuevas ideas o incluso evidencias clínicas que les permitan emitir un mejor diagnóstico. Los cirujanos ya utilizan sistemas automatizados como ayuda en procedimientos poco invasivos».

Fuente: Erik Sherman, *Fortune*, 25 de febrero de 2015, <http://fortune.com/2015/02/25/5-jobs-that-robots-already-are-taking/>.

Cambio 15: Robótica y servicios

Punto de inflexión: Primer farmacéutico robot en Estados Unidos.

Para 2025: El 86 por ciento de los encuestados esperan que este punto de inflexión se haya producido.

La robótica está empezando a influir en muchos trabajos, desde la industria hasta la agricultura, y desde las ventas al por menor hasta los servi-

cios. Según la Federación Internacional de Robótica, en el mundo hay ahora 1,1 millones de robots, y las máquinas de trabajo representan el 80 por ciento del proceso de fabricación de un vehículo.[93] Los robots simplifican las cadenas de suministro para ofrecer resultados más eficientes y predecibles.

Impactos positivos

- Cadena de suministro y logística, eliminaciones.
- Más tiempo para el ocio.
- Mejora en los resultados de salud (*Big Data* para los avances de las farmacéuticas en investigación y desarrollo).
- Los cajeros automáticos serán de los primeros en adoptar la tecnología.
- Mayor acceso a materiales.
- «Relocalización» de la producción (por ejemplo, reemplazar trabajadores en el extranjero por robots).

Impactos negativos

- Pérdida de empleos.
- Rendición de cuentas, responsabilidad.
- Normas sociales cotidianas, fin de la jornada de 9 a 5 y servicios las 24 horas del día.
- Pirateo/ciberriesgos.

El cambio en la práctica

Un artículo de *The Fiscal Times* reproducido por CNBC.com afirma: «Rethink Robotics lanzó Baxter [en el otoño de 2012] y recibió

una abrumadora respuesta de la industria de la fabricación, pues vendió su capacidad de producción hasta abril [...] [En abril] Rethink lanzó una plataforma de software que permite a Baxter hacer una secuenciación más compleja de las tareas; por ejemplo, recoger una parte, sostenerla frente a una estación de inspección y recibir una señal para ponerla en una pila de «buena» o «no buena». La empresa también [lanzó] un kit de software de desarrollo [...] que permitirá a terceros, como investigadores de robótica en universidades, crear aplicaciones para Baxter».

Fuente: Blaire Briody, «The Robot Reality. Service Jobs Are Next to Go», *The Fiscal Times*, 26 de marzo de 2013, <http://www.cnbc.com/id/100592545>.

Cambio 16: Bitcoin y «blockchain»

Punto de inflexión: El 10 por ciento del producto interior bruto (PIB) global estará almacenado en tecnología de *blockchain*.

Para 2025: El 58 por ciento de los encuestados esperan que este punto de inflexión se haya producido.

Bitcoin y las monedas digitales se basan en la idea de un mecanismo de confianza distribuida llamado *blockchain*, una forma de hacer de manera distribuida el seguimiento de transacciones fiables. Actualmente, el valor total de bitcoin en el *blockchain* es de alrededor de 20.000 millones de dólares, en torno al 0,025 por ciento del PIB mundial, que es de aproximadamente 80 billones de dólares.

Impactos positivos

- Mayor inclusión financiera en los mercados emergentes, dado que los servicios financieros en *blockchain* aumentarán su masa crítica.
- Desintermediación de las instituciones financieras a medida que

nuevos servicios e intercambios de valor se creen directamente en *blockchain.*

- Eclosión de los activos negociables a medida que todo tipo de intercambio de valor se pueda alojar en *blockchain.*
- Mejores registros de la propiedad en los mercados emergentes y la capacidad de convertirlo todo en un activo negociable.
- Contactos y servicios jurídicos cada vez más vinculados al código relacionado con *blockchain*, para ser utilizado como un depósito irrompible o como contratos inteligentes diseñados por programación.
- Aumento de la transparencia, dado que *blockchain* es, esencialmente, un libro de contabilidad global que almacena todas las transacciones.

El cambio en la práctica

Smartcontracts.com proporciona contratos programables que realizan pagos entre dos partes una vez que se cumplan ciertos criterios, sin la participación de un intermediario. Estos contratos están asegurados en Blockchain como «estados contractuales autoejecutables», que eliminan el riesgo de depender de otros para cumplir con sus compromisos.

Cambio 17: Economía colaborativa

Punto de inflexión: En todo el mundo habrá más viajes en automóvil compartido que en coches privados.

Para 2025: El 67 por ciento de los encuestados esperan, que este punto de inflexión se haya producido.

La gente suele entender este fenómeno como la capacidad de las entidades (individuos u organizaciones), gracias a la tecnología, de compartir el uso físico de un bien o un activo, o de compartir/suministrar

un servicio, a un nivel que antes no era tan eficiente o ni siquiera posible. Este intercambio de bienes o servicios suele ser posible a través de mercados en línea, servicios de aplicaciones móviles u otras plataformas tecnológicas. Esto ha reducido los costos de transacción y de fricción en el sistema hasta el punto de que es un beneficio económico para todos los participantes, dividido en incrementos mucho más finos.

Los ejemplos más conocidos de la economía colaborativa se hallan en el sector del transporte. Zipcar proporciona un método para compartir el uso de un vehículo por períodos más cortos y razonables que las empresas tradicionales de alquiler de coches. RelayRides suministra una plataforma para ubicar y pedir prestado el vehículo personal de alguien por un período de tiempo. Uber y Lyft brindan servicios parecidos al de un taxi, aunque mucho más eficientes, por parte de individuos, pero que se agregan a través de un servicio al cual se le habilitan servicios de localización y al que se accede a través de aplicaciones móviles. Además, están disponibles en cualquier momento.

La economía colaborativa incluye una serie de ingredientes, características o descriptores: se basa en la tecnología, da preferencia al acceso sobre la propiedad, es entre usuarios, comparte bienes personales (frente a bienes corporativos), tiene facilidad de acceso, incrementa la interacción social, mejora el consumo colaborativo y comparte abiertamente la retroalimentación del usuario (lo que da como resultado una mayor confianza). No todos están presentes en cada transacción de «consumo colaborativo».

Impactos positivos

- Mayor acceso a herramientas y otros recursos físicos útiles.
- Mejores resultados medioambientales (menos producción y menos activos requeridos).
- Más servicios personales disponibles.

- Mayor capacidad para vivir sin flujo de efectivo (con una menor necesidad de ahorro para poder pagar por el uso de activos).
- Mejor utilización de los recursos.
- Menor probabilidad de un abuso de confianza a largo plazo debido a los ciclos de retroalimentación directa y pública.
- Creación de economías secundarias (conductores de Uber que entregan mercancías o alimentos).

Impactos negativos

- Menor capacidad de recuperación después de una pérdida de trabajo (dado el menor ahorro).
- Más empleo basado en contratos o tareas (frente al empleo típicamente más estable a largo plazo).
- Disminución de la capacidad para cuantificar esta economía potencialmente gris.
- Mayor probabilidad del abuso de confianza a corto plazo.
- Menos capital de inversión disponible en el sistema.

Desconocidos, o cualquiera de los dos

- Cambio en la propiedad de los bienes.
- Más modelos de suscripción.
- Menor ahorro.
- Falta de claridad sobre lo que significa «rico» y «pudiente».
- Menor claridad sobre lo que constituye un «empleo».
- Dificultad para cuantificar esta economía potencialmente «gris».
- La tributación y la regulación se deben ajustar al pasarse de modelos basados en la propiedad y las ventas a modelos basados en el uso.

El cambio en la práctica

Una idea particular de la propiedad está en la base de este desarrollo y se refleja en las siguientes preguntas:

- ¿El minorista más grande no tiene una sola tienda? (Amazon).
- ¿El mayor proveedor de dormitorios no posee un solo hotel? (Airbnb).
- ¿El mayor proveedor de transporte no tiene un solo coche? (Uber).

Cambio 18: Los gobiernos y «blockchain»

Punto de inflexión: Primera vez que un gobierno recaudará sus impuestos a través de un *blockchain*.

Para 2025: El 73 por ciento de los encuestados esperan que este punto de inflexión se haya producido.

El *blockchain* crea tanto oportunidades como desafíos para los países. Por un lado, no está regulado ni supervisado por un banco central, lo que significa menos control sobre la política monetaria. Por otro, crea la posibilidad de nuevos mecanismos fiscales que sean construidos dentro del mismo *blockchain* (por ejemplo, un pequeño impuesto a las transacciones).

Desconocidos, o cualquiera de los dos

- Bancos centrales y política monetaria.
- Corrupción.
- Fiscalidad en tiempo real.
- Papel del gobierno.

El cambio en la práctica

En el año 2015, la primera nación virtual, BitNation, fue creada usando *blockchain* como la tecnología fundamental de identificación para los documentos de identidad de las personas. Al mismo tiempo, Estonia se convirtió en el primer gobierno real en implantar la tecnología *blockchain.*

Fuentes: <https://bitnation.co/>; <http://www.pymnts.com/news/2014/estonian-national-id-cards-embrace-electronic-payment-capabilities/#.Vi9T564rJPM>.

Cambio 19: Impresión 3D e industria

Punto de inflexión: El primer automóvil fabricado mediante la impresión 3D estará en producción.

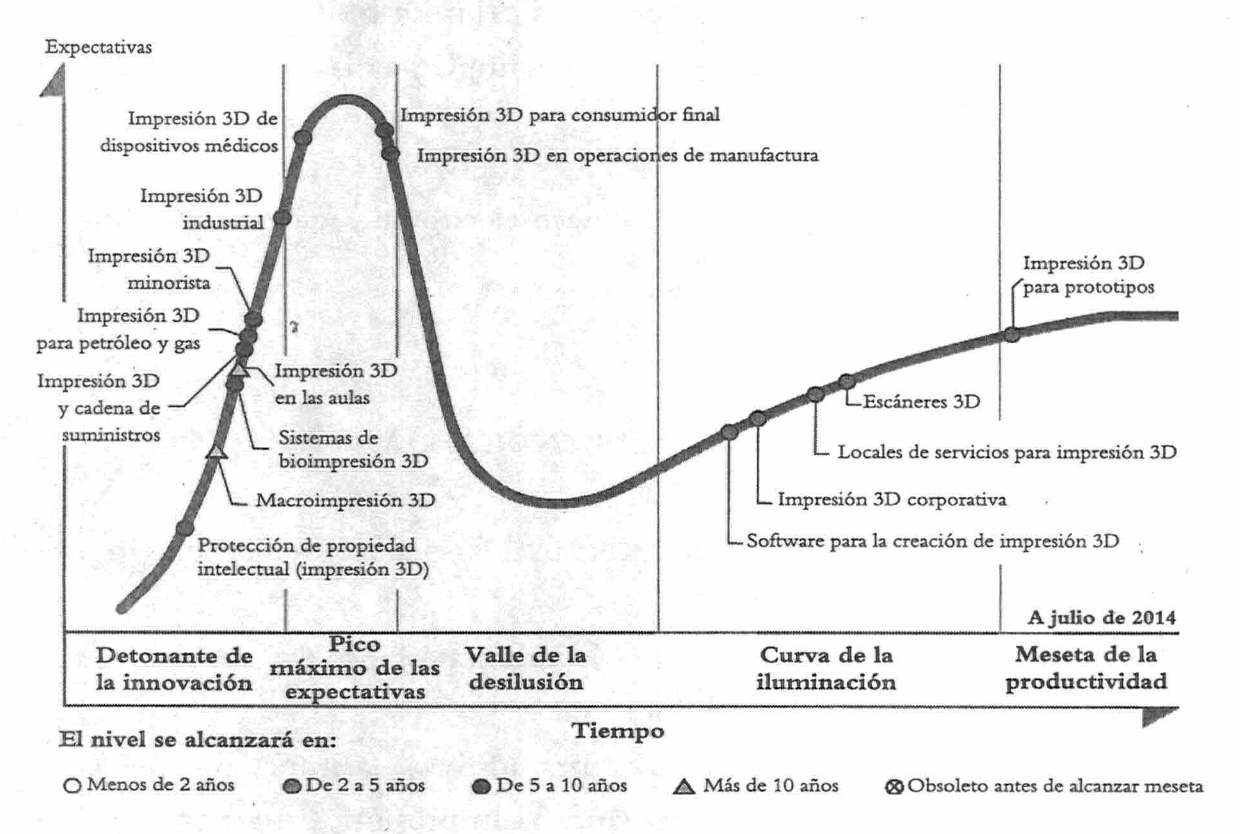
Para 2025: El 84 por ciento de los encuestados esperan que este punto de inflexión se haya producido.

También llamada «manufactura aditiva», la impresión 3D consiste en crear un objeto físico mediante la impresión, capa por capa, de un modelo o dibujo digital en 3D. Imagine crear una barra de pan rodaja por rodaja. La impresión 3D tiene el potencial de crear productos muy complejos sin equipos que lo sean.[94] En el futuro, diversas clases de materiales se utilizarán en una impresora 3D, como plástico, aluminio, acero inoxidable, aleaciones de cerámica o incluso más avanzadas; la impresora será capaz de hacer lo que hace toda una fábrica una vez que se le dé la orden de ejecutar el trabajo. Ya se está utilizando en una serie de aplicaciones, desde la fabricación de turbinas de viento hasta la de juguetes.

Con el paso del tiempo, las impresoras 3D superarán los obstáculos de velocidad, costo y tamaño, y su uso se generalizará. Gartner ha desarrollado un gráfico del «Ciclo de la novedad» (figura VI), que muestra las etapas de diferentes capacidades de la impresión 3D y su impacto en

el mercado, así como la mayoría de los usos corporativos de la tecnología a medida que se ingresa a la «pendiente de la iluminación».[95]

FIGURA VI. «Ciclo de la novedad» para la impresión 3D



Fuente: Gartner (julio de 2014)

Impactos positivos

- Desarrollo más rápido de los productos.
- Acortamiento del ciclo que va del diseño a la fabricación.
- Facilidad de fabricación de piezas intrincadas (que antes no era posible o era muy difícil de hacer).
- Creciente demanda de diseñadores de producto.
- Instituciones educativas que utilizan la impresión 3D para acelerar el aprendizaje y la comprensión.
- Poder democratizado para la creación y fabricación (ambas solo limitadas por el diseño).

• La industria en masa tradicional responde al desafío de encontrar maneras de reducir los costos y el tamaño de las tandas mínimas de fabricación.

• Aumento de los «planos» de código abierto para imprimir una serie de objetos.

• Nacimiento de una nueva industria de suministro de materiales de impresión.

• Aumento de las oportunidades empresariales en el espacio.[96]

• Beneficios ambientales debido a la reducción de los requisitos de transporte.

Impactos negativos

• Incremento de los residuos y desechos y mayor carga sobre el medio ambiente.

• Producción de partes anisótropas en el proceso por capas, es decir, que su resistencia no es la misma en todas las direcciones, lo cual podría limitar la funcionalidad de las piezas.

• Pérdida de empleos en una industria en plena disrupción.

• Primacía de la propiedad intelectual como fuente de valor en la productividad.

• Piratería.

• Calidad de la marca y del producto.

Desconocidos, o cualquiera de los dos

• Potencial de que cualquier innovación pueda ser copiada al instante.

El cambio en la práctica

Un ejemplo de impresión 3D en la industria fue cubierto recientemente por *Fortune*: «El motor de reacción Leap de General Electric no es solo uno de los más vendidos de la empresa, sino que incorporará un inyector de combustible producido enteramente mediante la fabricación aditiva. El proceso, conocido popularmente como "impresión 3D", implica la construcción de capas de material (en este caso una aleación de metales) según planos digitales precisos. GE se encuentra actualmente completando pruebas de los nuevos motores Leap, pero las ventajas de las piezas fabricadas mediante manufactura aditiva han sido comprobadas en otros modelos».

Fuente: Andrew Zaleski, «GE's First 3D-Printed Parts Take Flight», *Fortune*, 12 de mayo de 2015, <http://fortune.com/2015/05/12/ge-3d-printed-jet-engine-parts/>.

Cambio 20: Impresión 3D y salud humana

Punto de inflexión: Primer trasplante de un hígado impreso en 3D.

Para 2025: El 76 por ciento de los encuestados esperan que este punto de inflexión se haya producido.

Un día, las impresoras 3D podrían crear no solo cosas, sino también órganos humanos, un proceso llamado «bioimpresión». De modo similar a los objetos, una parte humana se imprime capa por capa a partir de un modelo 3D digital.[97] El material utilizado para imprimir un órgano, obviamente, sería diferente del que se utiliza para imprimir una bicicleta, y la experimentación se puede hacer con los tipos de materiales que funcionarían, como polvo de titanio para la fabricación de huesos. La impresión 3D tiene un gran potencial para atender las necesidades de un servicio personalizado, y no hay nada más personalizado, que un cuerpo humano.

Impactos positivos

- Abordar la escasez de órganos donados (un promedio de 21 personas mueren cada día a la espera de un trasplante).[98]
- Impresión de prótesis: sustitución de extremidades y otras partes del cuerpo.
- Los hospitales imprimen para cada paciente que requiere cirugía (por ejemplo, férulas, escayolas, implantes, tornillos).
- Medicina personalizada: la impresión 3D se propaga más rápido donde cada cliente necesita una versión ligeramente diferente de una parte del cuerpo (por ejemplo, la corona de un molar).
- Impresión de componentes de equipos médicos difíciles o costosos de conseguir, como los transductores.[99]
- Impresión, por ejemplo, de implantes dentales, marcapasos y tornillos para la fractura de huesos en los hospitales locales en vez de importarlos, con el fin de reducir el costo de las operaciones.
- Cambios fundamentales en las pruebas de medicamentos, que se pueden hacer sobre objetos humanos reales dada la disponibilidad de órganos totalmente impresos.
- Impresión de alimentos, lo cual mejorará la seguridad alimentaria.

Impactos negativos

- Producción incontrolada o no regulada de partes del cuerpo, equipos médicos o alimentos.
- Aumento de los residuos y desechos y mayor carga sobre el medio ambiente.
- Grandes debates éticos derivados de la impresión de partes del cuerpo y órganos: ¿quién controlará la capacidad de producirlos?, ¿quién garantizará la calidad de los órganos resultantes?

- Desincentivos perversos para la salud: si todo puede ser reemplazado, ¿para qué vivir de manera saludable?
- Impacto sobre la agricultura debido a la impresión de alimentos.

El cambio en la práctica

El primer uso de un implante de columna vertebral impreso en 3D fue tratado por la revista *Popular Science*: «[En 2014], los médicos del Tercer Hospital de la Universidad de Pekín implantaron con éxito la primera sección de una vértebra impresa en 3D de la historia en un joven paciente para reemplazar una vértebra cancerígena del cuello. La vértebra de reemplazo fue modelada a partir de vértebras existentes del chico, lo cual hizo más fácil integrarla».

Fuente: Loren Grush, «Boy Given a 3-D Printed Spine Implant», *Popular Science*, 26 de agosto de 2014, <http://www.popsci.com/article/science/boy-given-3-d-printed-spine-implant>.

Cambio 21: Impresión 3D y artículos de consumo

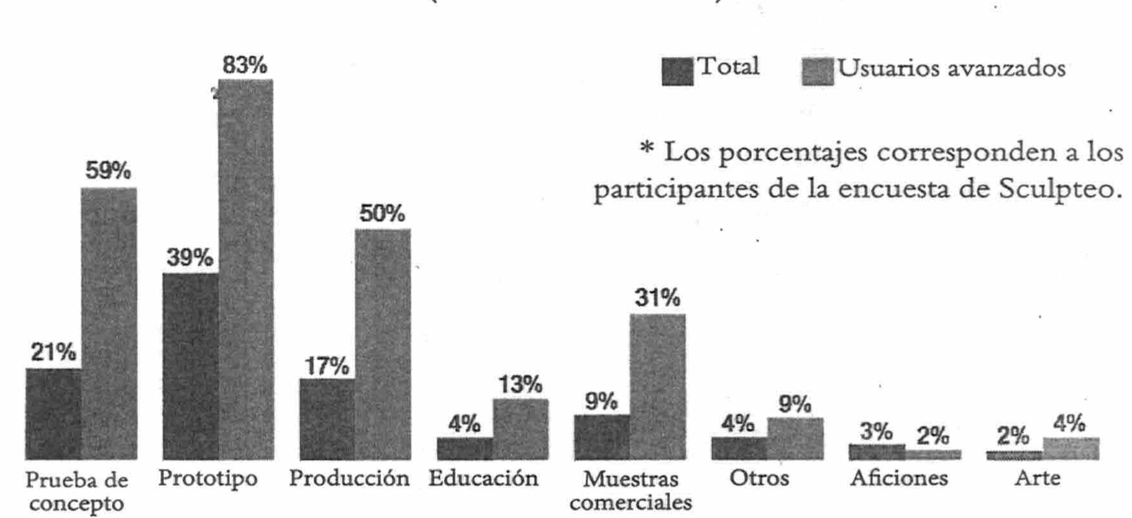
Punto de inflexión: El 5 por ciento de los productos de consumo serán impresos en 3D.

Para 2025: El 81 por ciento de los encuestados esperan que este punto de inflexión se haya producido.

Dado que la impresión 3D puede hacerla cualquier persona con una impresora 3D, esto crea oportunidades para que los productos de consumo típicos puedan imprimirse localmente y bajo demanda en lugar de tener que comprarlos en tiendas. Una impresora 3D podrá ser una oficina o incluso un electrodoméstico, algo que reduce el costo de acceso a los bienes de consumo y aumenta la disponibilidad de objetos

impresos en 3D. Los ámbitos de uso actuales para la impresión 3D (figura VII) indican varios sectores relacionados con el desarrollo y la producción de productos de consumo (prueba de concepto, prototipo y producción).

FIGURA VII. Uso de la impresión 3D en diversos ámbitos (% de encuestados)*



Fuente: Sculpteo, Estado de la impresión 3D (encuesta a 1.000 personas), en J. Hedstrom, «The State of 3D Printing», Quora.[100]

Impactos positivos

- Más productos personalizados y fabricación personal.
- Creación de productos de nicho y obtención de dinero por venderlos.
- Mayor crecimiento de la impresión 3D cuando cada cliente tiene necesidades ligeramente diferentes de un mismo producto; por ejemplo, un pie con una forma particular requiere un calzado de tamaño especial.

• Reducción de los costos de logística, con la posibilidad de grandes ahorros de energía.[101]

• Contribución a numerosas actividades locales; elaboración de productos propios que se benefician de la eliminación de los costos de logística (economía circular).

Impactos negativos

• Cadena de suministro y logística global y regional: demanda más baja y consiguiente pérdida de empleos.

• Control de armas: se abren oportunidades para imprimir objetos con altos niveles de abuso, como las armas.

• Aumento de los residuos y desechos y mayor carga sobre el medio ambiente.

• Disrupción importante de los controles de producción, las normas de consumo, las barreras comerciales, las patentes, los impuestos y otras restricciones estatales; asimismo, lucha por adaptarse.

El cambio en la práctica

Casi 133.000 impresoras 3D fueron despachadas en todo el mundo en 2014, un aumento del 68 por ciento frente a 2013. La mayoría de ellas, que se venden por debajo de los 10.000 dólares, son por lo tanto adecuadas para aplicaciones, desde laboratorios y escuelas hasta pequeñas empresas de manufactura. Como resultado, el tamaño de la industria de materiales y servicios 3D creció fuertemente, hasta los 3.300 millones de dólares.[102]

CAMBIO 22: SERES DISEÑADORES[103]

Punto de inflexión: Nace el primer ser humano con el genoma directa y deliberadamente editado.

Desde el cambio de siglo, el costo de la secuenciación de un genoma humano completo ha caído casi seis órdenes de magnitud. El Proyecto Genoma Humano gastó 2.700 millones de dólares para producir el primer genoma completo en 2003. En 2009, el costo por genoma se redujo hasta los 100.000 dólares, mientras que hoy es posible para los investigadores pagar a un laboratorio especializado solo 1.000 dólares para secuenciar un genoma humano. Una tendencia similar se ha producido recientemente en la edición del genoma con el desarrollo del método CRISPR/Cas9, que está siendo ampliamente adoptado debido a su mayor eficacia y eficiencia, y a menor costo que los métodos anteriores.

La verdadera revolución es, por lo tanto, no la capacidad repentina de entregados científicos para modificar los genes de plantas y animales, sino más bien el aumento de la facilidad de secuenciación que brindan las nuevas tecnologías de edición, las cuales incrementan de manera considerable el número de investigadores capaces de realizar experimentos.

Impactos positivos

- Mayor rendimiento agrícola gracias a cultivos y tratamientos más robustos, eficaces y productivos.
- Terapias médicas más eficaces a través de la medicina personalizada.
- Diagnósticos médicos más rápidos y precisos y menos invasivos.
- Mayores niveles de comprensión del impacto humano sobre la naturaleza.
- Reducción de la incidencia de las enfermedades genéticas y del sufrimiento relacionado con ellas.

Impactos negativos

- Riesgo de interacción entre las plantas y los animales editados, y entre la salud humana y ambiental.
- Desigualdad exacerbada debido al alto costo del acceso a las terapias.
- Rechazo social de las tecnologías de edición genética.
- Mal uso de la información genética por los gobiernos o las empresas.
- Desacuerdos internacionales sobre el uso ético de las tecnologías de edición del genoma.

Desconocidos, o cualquiera de los dos

- Aumento de la longevidad.
- Dilemas éticos con respecto a la naturaleza de la humanidad.
- Cambios culturales.

El cambio en la práctica

En marzo de 2015, destacados científicos publicaron un artículo en la revista *Nature* pidiendo una moratoria en la edición de embriones humanos y destacando su «grave preocupación respecto de las implicaciones éticas y de seguridad de esta investigación». Solo un mes más tarde, en abril de 2015, «investigadores dirigidos por Junjiu Huang, de la Universidad Yat-sen de Guangzhou, publicaron el primer documento científico del mundo sobre la alteración del ADN de embriones humanos».

Fuentes: <http://www.nature.com/news/don-t-edit-the-human-germ-line-1.17111>; <http://qz.com/389494/chinese-researchers-are-the-first-to-genetically-modify-a-human-embryo-and-many-scientists-think-theyve-gone-too-far>.

Cambio 23: Neurotecnologías[104]

Punto de inflexión: Primer humano con una memoria totalmente artificial implantada en el cerebro.

No existe un ámbito de nuestras vidas personales y profesionales que no pueda beneficiarse de una mejor comprensión sobre cómo funciona el cerebro, tanto a nivel individual como colectivo. Esto lo pone de relieve el que en los últimos años dos de los programas de investigación que más financiación han recibido en el mundo están relacionados con las ciencias del cerebro. Uno de ellos es el Proyecto Cerebro Humano (proyecto de 1.000 millones de euros, financiado por la Comisión Europea durante más de diez años). El otro es la iniciativa de Barack Obama sobre Investigación del Cerebro a través de Neurotecnologías Innovadoras Avanzadas (BRAIN, por sus siglas en inglés). Aunque estos programas se centran principalmente en la investigación científica y médica, también somos testigos de un rápido crecimiento e influencia de las neurotecnologías en los aspectos no médicos de nuestras vidas. La neurotecnología consiste en monitorear la actividad cerebral y observar cómo el cerebro cambia y se interrelaciona con el mundo.

En 2015, por ejemplo, la portabilidad y la asequibilidad de las «neurodiademas» (que ya cuestan menos que una consola de juegos) ofrecen posibilidades sin precedentes, lo cual es probable que sea no solo una neurorrevolución, sino también una revolución social.[105]

Impactos positivos

- Ahora los discapacitados pueden controlar prótesis de miembros o sillas de ruedas «con la mente».
- La neurorretroalimentación, es decir, la posibilidad de monitorear la actividad cerebral en tiempo real, ofrece innumerables posibilidades para ayudar a luchar contra las adicciones, regular el comportamiento alimentario y mejorar resultados en distintos ámbitos, desde los deportivos hasta los académicos.
- Ser capaces de recoger, procesar, almacenar y comparar grandes cantidades de datos relacionados con la actividad cerebral nos permite mejorar la eficacia del diagnóstico y el tratamiento de trastornos cerebrales y problemas relacionados con la salud mental.
- La ley será capaz de proporcionar un procesamiento personalizado en los casos y problemas de responsabilidad en las causas penales de manera diferencial, en lugar de la forma genérica que se utiliza hoy día.
- La próxima generación de ordenadores, cuyo diseño ha sido influido por la ciencia del cerebro, podrían razonar, predecir y reaccionar de la misma forma que la corteza cerebral humana (un área del cerebro conocida como el «asiento de la inteligencia»).

Impactos negativos

- Discriminación basada en el cerebro: las personas no son simplemente sus cerebros; así pues, existe el riesgo de tomar decisiones de manera independiente del contexto, basada solo en datos del cerebro en campos que van desde aspectos jurídicos hasta los recursos humanos, el comportamiento del consumidor o la educación.[106]
- Temor sobre qué pensamientos, sueños o deseos puedan ser descifrados y de que por privacidad dejen de suceder.
- Miedo a que la creatividad o el toque humano desaparezcan de

forma lenta, fundamentalmente por unas expectativas demasiado elevadas acerca del potencial que ofrecerían las neurotecnologías.

- Falta de distinción entre el hombre y la máquina.

Desconocidos, o cualquiera de los dos

- Cambios culturales.
- Desmaterialización de la comunicación.
- Mejora del rendimiento.
- Ampliar las capacidades cognitivas humanas desencadenará nuevos comportamientos.

El cambio en la práctica

- Los algoritmos de computación corticales ya han demostrado una capacidad para resolver los CAPTCHA modernos (pruebas ampliamente utilizadas para distinguir a los seres humanos de las máquinas).
- La industria automotriz ha desarrollado sistemas de supervisión de la atención y la conciencia que pueden detener un coche cuando el conductor se está quedando dormido.
- Un programa informático inteligente de China obtuvo mejor puntuación que muchos humanos adultos en una prueba de coeficiente intelectual.
- El superordenador Watson de IBM, después de analizar millones de historiales médicos y bases de datos, ha comenzado a ayudar a los médicos a elegir las opciones de tratamiento para los pacientes con necesidades complejas.
- Los sensores de imagen neuromórficos, es decir, inspirados en cómo el ojo y el cerebro se comunican, tendrán repercusiones que van desde el uso de una batería hasta la robótica.

• Las neuroprótesis están permitiendo que personas con discapacidad controlen exoesqueletos y miembros artificiales. Algunas personas ciegas podrán ver (de nuevo).

• El programa de memoria RAM de DARPA es un precursor de la recuperación y la mejora de la memoria.

• Los síntomas de depresión en ratones podrían ser curados mediante la reactivación artificial de recuerdos felices, como revelan neurocientíficos del MIT.

M. Doraiswamy, «5 Brain Technologies that Will Shape Our Future», Agenda del Foro Económico Mundial, 9 de agosto de 2015, <https://agenda.weforum.org/2015/08/5-brain-technologies-future/>.

A. Fernández, «10 Neurotechnologies About to Transform Brain Enhancement and Brain Health», *SharpBrains*, EE.UU., 10 de noviembre de 2015, <http://sharpbrains.com/blog/2015/11/10/10-neurotechnologies-about-to-transform-brain-enhancement-and-brain-health/>.

Notas

1. Los términos «disrupción» e «innovación disruptiva» han sido ampliamente discutidos en los círculos de estrategia y dirección de empresas, y más recientemente en Clayton M. Christensen, Michael E. Raynor y Rory McDonald, «What is Disruptive Innovation?», *Harvard Business Review*, diciembre de 2015. Con todo el respeto por las preocupaciones del profesor Christensen y sus colegas sobre las definiciones, en este libro he utilizado los significados más amplios.

2. Erik Brynjolfsson y Andrew McAfee, *The Second Machine Age. Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, W. W. Norton & Company, 2014.

3. James Manyika y Michael Chui, «Digital Era Brings Hyperscale Challenges», *The Financial Times*, 13 de agosto de 2014.

4. El diseñador y arquitecto Neri Oxman ofrece un ejemplo fascinante de lo que acabo de describir. Su laboratorio de investigación trabaja en la intersección entre el diseño mediante ordenador, la fabricación aditiva, la ingeniería de materiales y la biología sintética. <https://www.ted.com/talks/neri_oxman_design_at_the_intersection_of_technology_and_biology>.

5. Carl Benedikt Frey y Michael Osborne, con contribuciones de Citi Research, «Technology at Work. The Future of Innovation and Employment», Oxford Martin School y Citi, febrero de 2015, <https://ir.citi.com/jowGiIw%2FoLrkDA%2BldI1U%2FYUEpWP

9ifowg%2F4HmeO9kYfZiN3SeZwWEvPez7gYEZXmxsFM7eq1g c0%3D>.

6. David Isaiah, «Automotive Grade Graphene. The Clock Is Ticking», *Automotive World*, 26 de agosto de 2015, <http://www.automotiveworld.com/analysis/automotive-grade-graphene-clock-ticking/>.

7. Sarah Laskow, «The Strongest, Most Expensive Material on Earth», *The Atlantic*, <http://www.theatlantic.com/technology/archive/2014/09/the-strongest-most-expensive-material-on-earth/380601/>.

8. Algunas de las tecnologías se describen con mayor detalle en Bernard Meyerson, «Top 10 Technologies of 2015», Metaconsejo sobre Tecnologías Emergentes, Foro Económico Mundial, 4 de marzo de 2015, <https://agenda.weforum.org/2015/03/top-10-emerging-technologies-of-2015-2/>.

9. Tom Goodwin, «In the Age of Disintermediation the Battle Is All for the Consumer Interface», *TechCrunch*, marzo de 2015, <http://techcrunch.com/2015/03/03/in-the-age-of-disintermediation-the-battle-is-all-for-the-customer-interface/>.

10. K. A. Wetterstrand, «DNA Sequencing Costs. Data from the NHGRI Genome Sequencing Program (GSP)», Instituto Nacional de Investigación sobre el Genoma Humano, 2 de octubre de 2015, <http://www.genome.gov/sequencingcosts/>.

11. Ariana Eunjung Cha, «Watson's Next Feat? Taking on Cancer», *The Washington Post*, 27 de junio de 2015, <http://www.washingtonpost.com/sf/national/2015/06/27/watsons-next-feat-taking-on-cancer/>.

12. Jacob G. Foster, Andrey Rzhetsky y James A. Evans, «Tradition and Innovation in Scientists' Research Strategies», *American Sociological Review*, n.° 80 (octubre de 2015), pp. 875908, <http://www.knowledgelab.org/docs/1302.6906.pdf>.

13. Mike Ramsay y Douglas Macmillan, «Carnegie Mellon Reels After Uber Lures Away Researchers», *Wall Street Journal*, 31 de mayo de 2015, <http://www.wsj.com/articles/is-uber-a-friend-or-foe-of-carnegie-mellon-in-robotics-1433084582>.

14. Foro Económico Mundial, *Deep Shift – Technology Tipping Points and Societal Impact*, informe de evaluación, Consejo de la Agenda Global sobre el Futuro del Software y la Sociedad, Foro Económico Mundial, septiembre de 2015.

15. Para más detalles sobre la metodología de la encuesta, véanse las pp. 4 y 39 del informe citado en la nota anterior.

16. Oficina de Estadística Nacional del Reino Unido, «Surviving to Age 100», 11 de diciembre de 2013, <http://www.ons.gov.uk/ons/rel/lifetables/historic-and-projected-data-from-the-period-and-cohort-life-tables/2012based/info-surviving-to-age100.html>.

17. The Conference Board, «Productivity Brief 2015», 2015. Según los datos recopilados por The Conference Board, la productividad mundial del trabajo en el período 1996-2006 aumentó una media del 2,6 por ciento, en comparación con el 2,1 por ciento registrado en 2013 y 2014. <https://www.conferenceboard.org/retrievefle.cfm?filename=The-Conference-Board-2015-Productivity-Brief.pdf&type=subsite>.

18. Departamento de Trabajo de Estados Unidos, «Productivity Change in the Nonfarm Business Sector, 1947-2014», Oficina de Estadísticas Laborales, <http://www.bls.gov/lpc/prodybar.htm>.

19. Departamento de Trabajo de Estados Unidos, «Preliminary Multifactor Productivity Trends, 2014», Oficina de Estadísticas Laborales, 23 de junio de 2015, <http://www.bls.gov/news.release/prod3.nr0.htm>.

20. OECD, «The Future of Productivity», julio de 2015, <http://www.oecd.org/eco/growth/The-future-of-productivity-policy-note-July-2015.pdf>. [Hay trad. cast.: OCDE, «El futuro de la productividad», <https://www.oecd.org/eco/El-futuro-de-la-productividad.pdf>.] Para un breve análisis sobre la desaceleración de la productividad en Estados Unidos, véase John Fernald y Bing Wang, «The Recent Rise and Fall of Rapid Productivity Growth», Banco de la Reserva Federal de San Francisco, 9 de febrero de 2015, <http://www.frbsf.org/economic-research/publications/economic-letter/2015/february/economic-growth-information-technology-factor-productivity/>.

21. El economista Brad DeLong se refiere a esto en J. Bradford DeLong, «Making Do With More», *Project Syndicate*, 26 de febrero de 2015, <http://www.projectsyndicate.org/commentary/abundance-without-living-standards-growth-by-jbradforddelong-2015-02>.

22. John Maynard Keynes, «Economic Possibilities for Our Grandchildren», en *Essays in Persuasion*, Harcourt Brace, 1931. [Hay trad. cast.: *Las posibilidades económicas de nuestros nietos*, Taurus, 2015.]

23. Carl Benedikt Frey y Michael Osborne, «The Future of Employment. How Susceptible Are Jobs to Computerisation?», Oxford Martin School, Programa sobre los Impactos de la Tecnología Futura, Universidad de Oxford, 17 de septiembre de 2013, <http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf>.

24. Shelley Podolny, «If an Algorithm Wrote This, How Would You Even Know?», *The New York Times*, 7 de marzo de 2015, <http://www.nytimes.com/2015/03/08/opinion/sunday/if-an-algorithm-wrote-this-how-would-you-even-know.html?_r=0>.

25. Martin Ford, *Rise of the Robots*, Basic Books, 2015. [Hay trad. cast.: *El auge de los robots*, Barcelona, Paidós, 2016.]

26. Daniel Pink, *Free Agent Nation – The Future of Working for Yourself*, Grand Central Publishing, 2001.

27. Citado en Farhad Manjoo, «Uber's Business Model Could Change Your Work», *The New York Times*, 28 de enero de 2015.

28. Citado en Sarah O'Connor, «The Human Cloud. A New World of Work», *The Financial Times*, 8 de octubre de 2015.

29. Lynda Gratton, *The Shift. The Future of Work is Already Here*, Collins, 2011. [Hay trad. cast.: *Prepárate. El futuro del trabajo ya está aquí*, Barcelona, Galaxia Gutenberg, 2012.]

30. R. Buckminster Fuller y E. J. Applewhite, *Synergetics. Explorations in the Geometry of Thinking*, Macmillan, 1975.

31. Eric Knight, «The Art of Corporate Endurance», *Harvard Business Review*, 2 de abril de 2014, <https://hbr.org/2014/04/the-art-of-corporate-endurance>.

32. VentureBeat, «WhatsApp Now Has 700M Users, Sending 30B Messages per Day», 6 de enero de 2015, <http://venturebeat.com/2015/01/06/whatsapp-now-has-700-musers-sending-30b-messages-per-day/>.

33. Mitek and Zogby Analytics, «Millennial Study 2014», septiembre de 2014, <https://www.miteksystems.com/sites/default/files/Documents/zogby_final_embargo_14_9_25.pdf>.

34. Gillian Wong, «Alibaba Tops Singles' Day Sales Record Despite Slowing China Economy», *The Wall Street Journal*, 11 de noviembre de 2015, <http://www.wsj.com/articles/alibaba-smashes-singles-day-sales-record-1447234536>.

35. GSM Association, «The Mobile Economy. Sub-Saharan Africa 2014», 2014, <http://www.gsmamobileeconomyafrica.com/GSMA_ME_SubSaharanAfrica_Web_Singles.pdf>.

36. Tencent, «Announcement of Results for the Three and Nine Months Ended 30 September 2015», <http://www.tencent.com/enus/content/ir/an/2015/attachments/20151110.pdf>.

37. MIT, «The Ups and Downs of Dynamic Pricing», *innovation@work Blog*, MIT Sloan Executive Education, 31 de octubre de 2014, <http://executive.mit.edu/blog/the-ups-and-downs-of-dynamic-pricing#.VG4yA_nFbU>.

38. Giles Turner, «Cybersecurity Index Beats S&P500 by 120%. Here's Why, in Charts», Money Beat, *The Wall Street Journal*, 9 de septiembre de 2015, <http://blogs.wsj.com/moneybeat/2015/09/09/cybersecurity-index-beats-SP-500-by-120-heres-why-in-charts/>.

39. IBM, «Redefining Boundaries. Insights from the Global C-Suite Study», noviembre de 2015, <http://www935.ibm.com/services/csuite/study/>.

40. Global e-Sustainability Initiative y The Boston Consulting Group, Inc., «GeSI SMARTer 2020. The Role of ICT in Driving a Sustainable Future», diciembre de 2012, <http://gesi.org/SMARTer2020>.

41. Moisés Naím, *The End of Power. From Boardrooms to Battlefields*

and Churches to States, Why Being in Charge Isn't What It Used to Be, Basic Books, 2013. [Hay trad. cast.: *El fin del poder. Empresas que se hunden, militares derrotados, papas que renuncian y gobiernos impotentes. Cómo el poder ya no es lo que era*, Barcelona, Debate, 2013.] El libro atribuye el final del poder a tres revoluciones: la revolución del «más», la revolución de la movilidad y la revolución de la mente. Es cuidadoso en no identificar el papel de la tecnología de la información como predominante, pero no cabe duda de que las revoluciones del «más», la movilidad y la mentalidad les deben mucho a la era digital y a la difusión de las nuevas tecnologías.

42. Este punto se aborda y se desarrolla en «The Middle Kingdom Galapagos Island Syndrome. The Cul-De-Sac of Chinese Technology Standards», Fundación de la Tecnología de la Información y la Innovación (ITIF), 15 de diciembre 2014, <http://www.itif.org/publications/2014/12/15/middle-kingdom-galapagos-island-syndrome-cul-de-sac-chinese-technology>.

43. «Innovation Union Scoreboard 2015», Comisión Europea, 2015, <http://ec.europa.eu/growth/industry/innovation/facts-figures/scoreboards/files/ius2015_en.pdf>. El marco de medición utilizado en el «Innovation Union Scoreboard» distingue entre tres tipos de indicadores principales y ocho ámbitos de innovación, y se recogen un total de veinticinco indicadores diferentes. Los activadores capturan a los principales impulsores de resultados de innovación externos a la empresa y cubren tres ámbitos de innovación: recursos humanos; sistemas de investigación abiertos, excelentes y atractivos, y finanzas y apoyo. Las actividades de la firma capturan los esfuerzos de innovación a escala de la empresa, agrupados en tres dimensiones de innovación: inversiones de la empresa, vínculos y emprendimiento, y activos intelectuales. Los resultados cubren los efectos de las actividades de innovación de las empresas en dos ámbitos de innovación: innovadores y efectos económicos.

44. Foro Económico Mundial, *Collaborative Innovation – Transforming Business, Driving Growth*, agosto de 2015, <http://www3.weforum.org/docs/WEF_Collaborative_Innovation_report_2015.pdf>.

45. Foro Económico Mundial, *The Global Information Technology Report 2015. ICTs for Inclusive Growth*, Soumitra Dutta, Thierry Geiger y Bruno Lanvin, eds., 2015.

46. Foro Económico Mundial, *Data-Driven Development. Pathways for Progress*, enero de 2015, <http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_DataDrivenDevelopment_Report2015.pdf>.

47. Tom Saunders y Peter Baeck, «Rethinking Smart Cities from the Ground Up», Nesta, junio de 2015, <https://www.nesta.org.uk/sites/default/files/rethinking_smart_cities_from_the_ground_up_2015.pdf>.

48. Carolina Moreno, «Medellín, Colombia Named "Innovative City Of The Year" in WSJ and Citi Global Competition», *The Huffington Post*, 2 de marzo de 2013, <http://www.huffingtonpost.com/2013/03/02/medellin-name-dinnovative-city-of-the-year_n_2794425.html>.

49. Foro Económico Mundial, *Top Ten Urban Innovations*, Consejo de la Agenda Global sobre el Futuro de las Ciudades, Foro Económico Mundial, octubre de 2015, <http://www3.weforum.org/docs/Top_10_Emerging_Urban_Innovations_report_2010_20.10.pdf>.

50. Alex Leveringhaus y Gilles Giacca, «Robo-Wars. The Regulation of Robotic Weapons», Instituto Oxford para la Ética, la Ley y el Conflicto Armado y el Programa de Derechos Humanos para las Generaciones Futuras de la Oxford Martin School, 2014, <http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/briefings/Robo-Wars.pdf>.

51. James Giordano, citado en Tom Requarth, «This Is Your Brain. This Is Your Brain as a Weapon», *Foreign Policy*, 14 de septiembre de 2015, <http://foreignpolicy.com/2015/09/14/this-is-your-brain-this-is-your-brain-as-a-weapon-darpa-dual-use-neuroscience/>.

52. Manuel Castells, «The Impact of the Internet on Society. A Global Perspective», *MIT Technology Review*, 8 de septiembre de 2014, <http://www.technologyreview.com/view/530566/the-impact-of-the-internet-on-society-a-global-perspective/>. [Hay trad. cast.: «El impacto de internet en la sociedad. Una perspectiva global», *OpenMind*, <https://

www.bbvaopenmind.com/articulo/el-impacto-de-internet-en-la-sociedad-una-perspectiva-global/?fullscreen=true>.]

53. Credit Suisse, *Global Wealth Report 2015*, octubre de 2015, <http://publications.credit-suisse.com/tasks/render/file/index.cfm?fileid=F2425415DCA780B8EAD989AF9341D47E>.

54. OECD, «Divided We Stand. Why Inequality Keeps Rising», 2011, <http://www.oecd.org/els/soc/49499779.pdf>.

55. Frederick Solt, «The Standarized World Income Inequality Database», documento de trabajo, SWIID, versión 5.0, octubre de 2014, <http://myweb.uiowa.edu/fsolt/swiid/swiid.html>.

56. Richard Wilkinson y Kate Pickett, *The Spirit Level. Why Greater Equality Makes Societies Stronger*, Bloomsbury Press, 2009.

57. Sean F. Reardon y Kendra Bischoff, «More Unequal and More Separate. Growth in the Residential Segregation of Families by Income, 1970-2009», US 2010 Project, 2011, <http://www.s4.brown.edu/us2010/Projects/Reports.htm>; <http://cepa.stanford.edu/content/more-unequal-and-more-separate-growth-residential-segregation-families-income-1970-2009>.

58. Eleanor Goldberg, «Facebook, Google Maps. Are Saving Refugees and Migrants from Traffickers», *The Huffington Post*, 10 de septiembre de 2015, <http://www.huffingtonpost.com/entry/facebook-google-maps-refugees-migrants_55f1aca8e4b03784e2783ea4>.

59. Robert M. Bond, Christopher J. Fariss, Jason J. Jones, Adam D. I. Kramer, Cameron Marlow, Jaime E. Settle y James H. Fowler, «A 61-Million-Person Experiment in Social Influence and Political Mobilization», *Nature*, 2 de septiembre de 2012 (en línea), <http://www.nature.com/nature/journal/v489/n7415/full/nature11421.html>.

60. Stephen Hawking, Stuart Russell, Frank Wilczek y Max Tegmark, «Stephen Hawking: "Trascendence looks at the implications of artificial intelligence", but Are We Taking AI Seriously Enough?», *The Independent*, 2 de mayo de 2014, <http://www.independent.co.uk/news/science/

stephen-hawking-transcendence-looks-at-the-implications-of-artifcial-intelligence-but-are-wetaking-9313474.html>.

61. Greg Brockman, Ilya Sutskever y el equipo OpenAI, «Introducing OpenAI», 11 de diciembre de 2015, <https://openai.com/blog/introducing-openai/>.

62. Steven Levy, «How Elon Musk and Y Combinator Plan to Stop Computers From Taking Over», 11 de diciembre de 2015, <https://medium.com/backchannel/how-elon-musk-and-y-combinator-plan-to-stop-computers-from-taking-over-17e0e27dd02a#.qjj55npcj>.

63. Sara Konrath, Edward O'Brien y Courtney Hsing, «Changes in Dispositional Empathy in American College Students Over Time. A Meta-Analysis», *Personality and Social Psychology Review* (2010).

64. Citado en Simon Kuper, «Log Out, Switch Off, Join In», *FT Magazine*, 2 de octubre de 2015, <http://www.ft.com/intl/cms/s/0/fc76fce267b311e597d01456a776a4f5.html>.

65. Sherry Turkle, *Reclaiming Conversation. The Power of Talk in a Digital Age*, Penguin, 2015.

66. Nicholas Carr, *The Shallows. How the Internet Is Changing the Way We Think, Read and Remember*, Atlantic Books, 2010. [Hay trad. cast.: *Superficiales. ¿Qué está haciendo internet con nuestras mentes?*, Madrid, Taurus, 2011.]

67. Pico Iyer, *The Art of Stillness. Adventures in Going Nowhere*, Simon and Schuster, 2014. [Hay trad. cast.: *El arte de la quietud. La aventura de no ir a ninguna parte*, Barcelona, Empresa Activa, 2015.]

68. Citado en Elizabeth Segran, «The Ethical Quandaries You Should Think about the Next Time You Look at Your Phone», *Fast Company*, 5 de octubre de 2015, <http://www.fastcompany.com/3051786/most-creative-people/the-ethical-quandaries-you-should-think-about-the-next-time-you-look-at>.

69. El término «inteligencia contextual» fue acuñado por Nihtin Nohria varios años antes de convertirse en el decano de la Escuela de Negocios de Harvard.

70. Klaus Schwab, *Moderne Unternehmensführung im Maschinenbau (Modern Enterprise Management in Mechanical Engineering)*, VDMA, 1971.

71. Citado en Peter Snow, *The Human Psyche in Love, War & Enlightenment*, Boolarong Press, 2010.

72. Daniel Goleman, «What Makes a Leader?», *Harvard Business Review*, enero de 2004, <https://hbr.org/2004/01/what-makes-a-leader>.

73. Rainer Maria Rilke, *Letters to a Young Poet*, Insel Verlag, 1929. [Hay trad. cast.: *Cartas a un joven poeta*, Madrid, Alianza, 2006.]

74. Voltaire escribió en francés: «Le doute n'est pas une condition agréable, mais la certitude est absurde», en «Sobre el alma y Dios», carta a Frederick William, príncipe de Prusia, 28 de noviembre de 1770, en S. G. Tallentyre, trad., *Voltaire in His Letters. Being a Selection from His Correspondence*, G. P. Putnam's Sons, 1919.

75. Martin Nowak y Roger Highfield, *Super Cooperators. Altruism, Evolution, and Why We Need Each Other to Succeed*, Free Press, 2012.

76. Foro Económico Mundial, *Deep Shift. Technology Tipping Points and Societal Impact*, informe de evaluación, Consejo de la Agenda Global sobre el Futuro del Software y la Sociedad, Foro Económico Mundial, noviembre de 2015.

77. Adoptar el concepto de la página web de yelp.com, en virtud del cual la gente sería capaz de realizar comentarios directamente a los demás y esas evaluaciones se registrarían o serían compartidas en línea a través de chips implantados en las personas.

78. La «cámara de eco» alude a aquellos que están incondicionalmente de acuerdo con otra persona o a quienes repiten lo que han dicho otras personas sin pensarlo ni cuestionárselo.

79. Estadísticas en vivo en internet, «Internet Users in the World», <http://www.internetlivestats.com/internet-users/>; <http://www.worldometers.info/world-population/>.

80. «Gartner Says Worldwide Traditional PC, Tablet, Ultramobile and Mobile Phone Shipments to Grow 4.2 Percent in 2014», Gartner, 7 de julio de 2014, <http://www.gartner.com/newsroom/id/2791017>.

81. «Number of Smartphones Sold to end Users Worldwide from 2007 to 2014 (in Million Units)», statista, 2015, <http://www.statista.com/statistics/263437/global-smartphone-sales-to-end-users-since2007/>.

82. Lev Grossman, «Inside Facebook's Plan to Wire the World», *Time*, 15 de diciembre de 2014, <http://time.com/facebook-world-plan/>.

83. «One Year In. Internet.org Free Basic Services», oficina de comunicados de Facebook, 26 de julio de 2015, <http://newsroom.fb.com/news/2015/07/one-year-in-internet-org-free-basic-services/>.

84. Udi Manber y Peter Norvig, «The Power of the Apollo Missions in a Single Google Search», Google Inside Search, 28 de agosto de 2012, <http://insidesearch.blogspot.com/2012/08/the-power-of-apollo-missions-in-single.html>.

85. Satish Meena, «Forrester Research World Mobile and Smartphone Adoption Forecast, 2014 to 2019 (Global)», Forrester Research, 8 de agosto de 2014, <https://www.forrester.com/report/Forrester+Research+World+Mobile+And+Smartphone+Adoption+Forecast+2014+To+2019+Global/-/ERES118252>.

86. GSMA, «New GSMA Report Forecasts Half a Billion Mobile Subscribers in Sub-Saharan Africa by 2020», 6 de noviembre de 2014, <http://www.gsma.com/newsroom/press-release/gsma-report-forecasts-half-a-billion-mobile-subscribers-ssa-2020/>.

87. «Processing Power Compared. Visualizing a 1 Trillion-Fold Increase in Computing Performance», Experts Exchange, <http://pages.experts-exchange.com/processing-power-compared/>.

88. Elana Rot, «How Much Data Will You Have in 3 Years?», Sisense, 29 de julio de 2015, <http://www.sisense.com/blog/much-data-will-3-years/>.

89. «A History of Storage Costs», mkomo.com, 8 de septiembre de 2009, <http://www.mkomo.com/cost-per-gigabyte>. Según la página web, los datos fueron obtenidos de notas históricas sobre el costo del espacio de almacenamiento en una unidad de disco duro (<http://ns1758.ca/winch/winchest.html>). Se recuperaron datos de entre 2004

y 2009 mediante Internet Archive Wayback Machine (<http://archive.org/web/web.php>).

90. La ley de Moore indica, por regla general, que la velocidad del procesador o el número total de transistores en una unidad central de procesamiento se duplica cada dos años.

91. Kevin Mayer, Keith Ellis y Ken Taylor, «Cattle Health Monitoring Using Wireless Sensor Networks», actas de la Conferencia de Procedimientos de la Comunicación y las Redes Informáticas, Cambridge, Massachusetts, 2004, <http://www.academia.edu/781755/Cattle_health_monitoring_using_wireless_sensor_networks>.

92. Carl Benedikt Frey y Michael A. Osborne, «The Future of Employment. How Susceptible Are Jobs to Computerisation?», 17 de septiembre de 2013, <http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf>.

93. Will Knight, «This Robot Could Transform Manufacturing», *MIT Technology Review*, 18 de septiembre de 2012, <http://www.technologyreview.com/news/429248/this-robot-could-transform-manufacturing/>.

94. Véase <http://www.stratasys.com/>.

95. Dan Worth, «Business Use of 3D Printing Is Years Ahead of Consumer Uptake», V3.co.uk, 19 de agosto de 2014, <http://www.v3.co.uk/v3uk/news/2361036/business-use-of-3d-printing-is-years-ahead-of-consumer-uptake>.

96. «The 3D Printing Startup Ecosystem», SlideShare.net, 31 de julio de 2014, <http://slideshare.net/SpontaneousOrder/3d-printing-startup-ecosystem>.

97. Alban Leandri, «A Look at Metal 3D Printing and the Medical Implants Industry», 3DPrint.com, 20 de marzo de 2015, <http://3dprint.com/52354/3d-print-medical-implants/>.

98. «The Need is Real. Data», Departamento de Sanidad y Servicios Humanos de Estados Unidos, <http://www.organdonor.gov/about/data.html>.

99. «An Image of the Future», *The Economist*, 19 de mayo de 2011, <http://www.economist.com/node/18710080>.

100. Jessica Hedstrom, «The State of 3D Printing…», 23 de mayo de 2015, <http://jesshedstrom.quora.com/The-State-of-3D-Printing>.

101. Maurizio Bellemo, «The Third Industrial Revolution. From Bits Back to Atoms», CrazyMBA.Club, 25 de enero de 2015, <http://www.crazymba.club/the-third-industrial-revolution/>.

102. T. E. Halterman, «3D Printing Market Tops $3.3 Billion, Expands by 34% in 2014», 3DPrint.com, 2 de abril de 2015, <http://3d-print.com/55422/3d-printing-market-tops-33-billion-expands-by-34-in-2014/>.

103. Nota: este punto de inflexión no era parte de la encuesta original (*Deep Shift – Technology Tipping Points and Societal Impact*, informe de evaluación, Foro Económico Mundial, septiembre de 2015).

104. *Ibid.*

105. A. Fernández, N. Sriraman, B. Gurewitz y O. Oullier, «Pervasive Neurotechnology. A Groundbreaking Analysis of 10,000+ Patent Filings Transforming Medicine, Health, Entertainment and Business», *SharpBrains* (2015) (206 p.), <http://sharpbrains.com/pervasive-neurotechnology/>.

106. O. Oullier, «Clear Up This Fuzzy Thinking on Brain Scans», *Nature*, vol. 483, n.° 7.387 (2012), p. 7; doi: <http://www.nature.com/news/clean-up-this-fuzzy-thinking-on-brain-scans-1.10127>.

DEBATE ECONOMÍA

Son muchos los desafíos a los que se enfrenta el mundo hoy, pero posiblemente uno de los más importantes sea comprender la nueva revolución tecnológica. Por primera vez podemos afirmar que la cuarta revolución industrial acarrea la transformación de la humanidad, debido a la convergencia de sistemas digitales, físicos y biológicos que la protagonizan.

Las nuevas tecnologías están cambiando la manera en la que vivimos, trabajamos y nos relacionamos los unos con los otros, y la velocidad, amplitud y profundidad de esta revolución nos están obligando a repensar cómo los países se desarrollan, cómo las organizaciones generan valor e incluso qué significa ser humanos.

En **La cuarta revolución industrial**, Klaus Schwab, fundador del Foro Económico Mundial, describe las características clave de la nueva revolución tecnológica, y resalta las oportunidades y los dilemas que ésta plantea. Las nuevas formas de colaboración y gobernabilidad, acompañadas de una narrativa positiva y compartida, pueden moldear la cuarta revolución industrial en beneficio de todos. Si aceptamos la responsabilidad colectiva de crear un futuro en el que la innovación y la tecnología sirvan a las personas, podremos llevar a la humanidad a nuevos niveles de conciencia moral.

HVTK HISTORIA DE LA INDUSTRIA Y LA INDUSTRIALIZACIÓN

ISBN 978-607-315-475-8



